

Máster en profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas

Especialidad en Biología y Geología

**TRABAJO FIN DE MASTER
CURSO 2013-2014**

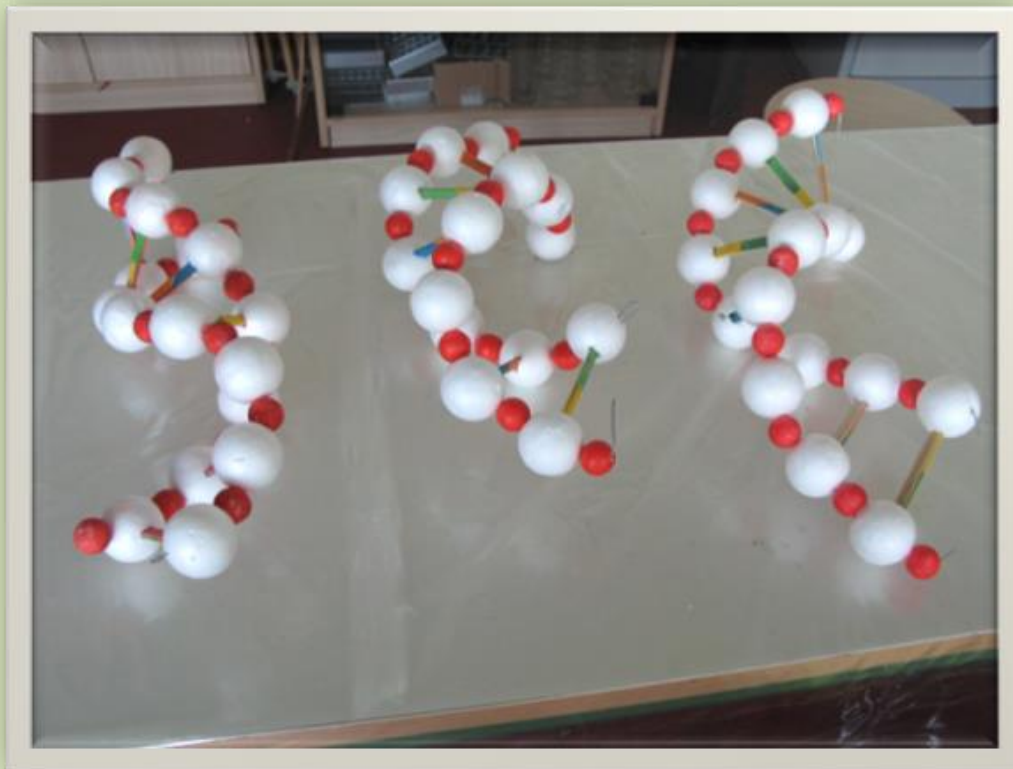
ROSALIND FRANKLIN FOTOGRAFÍA Nº 51

Autora: M^a Aránzazu Ibarzo Pérez

Directora : Beatriz Bravo Torija



**Universidad
Zaragoza**



*“Dime algo y lo olvidaré,
enséñame algo y lo recordaré,
hazme partícipe de algo y lo aprenderé”*

(Confucio)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. ACTIVIDADES DEL MASTER QUE HAN INFLUIDO EN MIS PRÁCTICAS	4
La importancia del conocimiento de las ideas previas del alumnado	4
Cuestionario KPSI	10
3. PROPUESTA DIDÁCTICA: Rosalind Franklin fotografía nº 51.....	14
3.1. INTRODUCCIÓN, JUSTIFICACIÓN Y MARCO TEÓRICO.....	14
3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PROPUESTA.....	18
Objetivos, contenidos y su relación con las competencias básicas.....	19
Criterios de evaluación	21
Descripción del aula y materiales necesarios	22
Secuenciación, diseño y justificación de las actividades	23
1. Evaluación inicial y cuestionario KPSI	24
2. Tarea de búsqueda de información sobre científicos que han revolucionado la genética	27
3. Modelización de la doble hélice de ADN	28
4. Trabajo individual del alumno. Guión de trabajo	34
5. Realización de una prueba escrita	34
4. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA	36
5. BIBLIOGRAFÍA	39
6. ANEXOS.....	41

1.INTRODUCCIÓN

Comenzaré este trabajo fin de master presentándome y explicando los motivos por los cuales he cursado el master en la especialidad de Biología y Geología. Relativo a mi formación académica, soy licenciada en Veterinaria (especialidad Bromatología, Sanidad y Tecnología de los alimentos), y licenciada en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Cuando acabé la carrera jamás pensé dedicarme a la docencia, por tanto no se me pasó por la cabeza cursar lo que entonces era el CAP, a pesar de que muchos de mis compañeros sí lo hicieron. Posiblemente no estuviera preparada para la docencia. Tras el desarrollo de mi carrera profesional, principalmente como Responsable de Calidad en diversas industrias alimentarias fui descubriendo la faceta profesional de docente, en la cual me encontraba muy a gusto. Como tal debía impartir formación al personal de las empresas en las que trabajaba, relativa siempre a calidad, y seguridad alimentaria. Tras quedarme sin trabajo retomé la formación, e impartí cursos de formación ocupacional y formación para el empleo en varias áreas siempre relacionadas con mi formación académica. Redescubrí esta faceta laboral y continué formándome realizando un curso de Introducción a la Metodología Didáctica impartido por el INAEM de 100 horas. Tras reflexionar y meditar la decisión, decidí ampliar los conocimientos adquiridos realizando este Master de Educación.

Inicialmente me decanté por cursar el master en la especialidad de formación profesional, que era lo más parecido a la experiencia que tenía; pero finalmente decidí abrir nuevos horizontes y cursar la especialidad de Biología y Geología.

El retorno a la Universidad ha sido todo un reto para mí. Diez años después de terminar la segunda Licenciatura ha sido duro volver a la vida académica, principalmente porque no estoy habituada al Plan Bolonia; para mí, la palabra portafolio era una auténtica desconocida antes de comenzar este master, cosa que no puedo decir en estos momentos. El gran reto y esfuerzo que ha supuesto la realización del master me ha dado fuerzas para seguir adelante en esta ardua labor que es la búsqueda de empleo hoy en día.

He realizado las prácticas docentes del master correspondientes a las asignaturas practicum I, II y III en el IES Parque Goya. Un instituto de reciente creación (este es su quinto año en funcionamiento), en el que cabe destacar la implicación tanto del profesorado como del equipo directivo.

Mi tutora en el centro ha sido Pilar García profesora de Biología y Geología con una amplia trayectoria docente, y Jefa de Estudios en este curso, lo cual me ha permitido conocer otra visión de la docencia. Imparte clase de Biología y Geología en 4º de ESO y en 1º de Bachillerato. Me ha permitido observar e impartir sus clases libremente, ofreciéndome el apoyo necesario cuando lo he requerido. Por tanto agradezco enormemente su apoyo y tutorización.

La experiencia de la estancia en el I.E.S. Parque Goya durante los diversos periodos del practicum me ha resultado muy enriquecedora a todos los niveles. En primer lugar, me ha servido para acercarme a la realidad de un Instituto hoy en día, ya que desde que cursé mis estudios no he tenido ninguna relación con la enseñanza secundaria.

En segundo lugar, el periodo del practicum permite observar la realidad de un centro educativo in situ, y poder relacionar lo aprendido en el Master con la realidad.

En tercer lugar, la posibilidad de ejercer como docente (en prácticas) en una aula de ESO y Bachillerato. Lo que te ayuda a poner a prueba los conocimientos que has ido adquiriendo durante el Master, y a comprobar la complejidad de la práctica docente.

La elección del tema ha sido una suma de diversos factores. En primer lugar mi formación; el tema de la genética molecular es un tema que conozco con cierta profundidad y que personalmente me parece de interés. Además es un tema en constante actualidad y está relacionado con numerosos aspectos de nuestra vida diaria. En segundo, la disponibilidad del centro y de mi tutora.

El tema de genética, a pesar de su dificultad me resulto muy interesante. Lo enfoqué como un reto, ya que es un tema complejo, abstracto y con infinitud de ideas y conocimientos previos de los que parten los alumnos. Prueba de ello son los numerosos estudios (ej. Ayuso y Banet (2002) o Gericke (2009)) que se han realizado sobre este tema. Por ejemplo Martínez, Gil y Osada (2005) identificaron que una de las principales dificultades de dicho aprendizaje es la abstracción de los contenidos de genética, que como conceptos teóricos que son (concepto de gen, alelo, genotipo), son construcciones mentales que no pueden ser comprobados directamente por medio de datos o de la experiencia.

Según Hodson (2003) el currículo escolar de ciencias ya no atiende a las necesidades, intereses y aspiraciones de los jóvenes ciudadanos en la actualidad. Estamos educando alumnos que van a vivir en un mundo sobre el cual sabemos bien poco, pero que se va a caracterizar por cambios rápidos y por su complejidad. Esto exige que el alumno tenga una instrucción general amplia y posea destrezas de comunicación y adaptación, y esté predispuesto a un aprendizaje continuo. Desde en esta perspectiva, tanto Hodson (2003) como diversas propuestas curriculares de muchos países occidentales, consideran cómo han de ser trabajadas las ciencias en las aulas. Es necesario promover un modelo de enseñanza que ayude a los alumnos a desarrollar una comprensión más coherente, sistemática y crítica, siendo inadecuado limitarla únicamente a la transmisión de conocimientos, y que el alumno solo tenga que acumularlos (Justi, 2006)

Para la elaboración de la propuesta, se han tenido en cuenta los argumentos anteriores, y la firme intención de utilizar una metodología diferente a la tradicional (meramente expositiva), dada la dificultad de los contenidos y su abstracción (Martínez et al., 2005).). Consideramos trabajar en el aula con modelos, en concreto maquetas de la doble Hélice de ADN, ya que consideramos que el proceso de construcción y uso de este modelo puede ayudar a la visualización de los contenidos de genética, y promover una mejor comprensión de los mismos por parte del alumnado. Del mismo modo conocer cómo el alumno construye el modelo, es decir los pasos que da y las relaciones que establece, ayuda al profesorado a conocer las ideas y dificultades de los alumnos.

El objetivo de este Trabajo fin de Master es diseñar una propuesta que promueve la construcción y uso de un modelo de la doble hélice de ADN para comprender la composición y estructura de los ácidos nucleicos.

2. ACTIVIDADES DEL MASTER QUE HAN INFLUIDO EN MIS PRÁCTICAS

En este apartado, se comentan dos de las actividades del master que han influido en la realización de mis prácticas en el instituto, y en la propuesta didáctica que se presenta en este trabajo. Estas son la importancia del conocimiento de las ideas previas del alumnado, y el cuestionario KPSI.

La importancia del conocimiento de las ideas previas del alumnado

Las ideas previas o concepciones alternativas, es un tema que ha sido tratado en varias de las asignaturas del master. Concretamente y en profundidad, en la asignatura de Fundamentos de didáctica de las Ciencias Experimentales, y en Diseño, Organización y Desarrollo de Actividades para el Aprendizaje en Biología y Geología. El tema fue tratado en las sesiones presenciales del master; en la primera de una forma más generalista relacionada con la didáctica de las ciencias, y en la segunda de forma específica en la didáctica de la Biología y Geología. En los portafolios de ambas asignaturas, hay un apartado específico dedicado a las ideas previas del alumnado. Por ello, debido a mi desconocimiento previo sobre el tema, y a lo útil que me ha resultado en las prácticas en el instituto y en la realización de la propuesta didáctica, considero oportuno tratar el tema en este trabajo fin de master.

Respecto a estas ideas, me gustaría comenzar con una reflexión, como apunta Ausubel (1968) antes de decidir qué es lo que vamos a enseñar, deberíamos conocer qué es lo que saben los alumnos acerca de lo que les vamos a enseñar, esto es lo que nos viene a decir Ausubel:

Los alumnos no son una tabla rasa, una caja vacía en la que insertamos contenidos. Desde la perspectiva constructivista estos conocimientos que tienen los alumnos son el punto de partida en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Cuando hablamos de ideas previas, o concepciones alternativas, hacemos referencia a la existencia de ideas del alumnado respecto a aquellas cuestiones que queremos enseñarles. Dichas ideas, no han sido tenidas en cuenta en los sistemas de enseñanza tradicionales, pero desde hace algunos años son fuente de numerosos estudios en el ámbito de la enseñanza-aprendizaje, con el objetivo de mejorar los procesos y afianzar un aprendizaje significativo por parte de los alumnos.

Ideas alternativas ¿un obstáculo o un instrumento para el aprendizaje?

Las ideas alternativas pueden resultar un obstáculo si no somos conscientes de ellas, si las obviamos y no las tenemos en cuenta, sin embargo resultan un instrumento para el aprendizaje si las conocemos, las valoramos y las utilizamos como punto de partida en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Según Suarez y Patiño (1998) en su artículo *“Ideas previas del alumnado de enseñanza secundaria sobre nutrición”* podemos definir las concepciones alternativas como “el conocimiento que el alumnado posee previamente a los procesos de instrucción en cada una de las áreas”. En función de esta definición, la labor del docente es *“guiar al alumnado en el trayecto que separa la cultura ordinaria de la cultura científica, básica en la mayoría de los casos y propedéutica para aquellos y aquellas que encaminen sus pasos académicos o profesionales por el mundo científico”* (p.4). Coincido absolutamente con esta afirmación, ya que opino que es una de las tareas básicas del docente actual, dada la gran cantidad de información (no siempre basada en razonamientos científicos) que reciben los alumnos en nuestra sociedad.

Para comprender y poder abordar con éxito dichas concepciones alternativas, es necesario tener en cuenta qué características poseen, y cuál puede ser su origen.

Respecto a las características, existe una gran disparidad de clasificaciones, en ocasiones incluso existe una contradicción en función de los autores (Suarez y Patiño, 1998) debida en parte a la gran amplitud de las mismas y a la diversidad en las interpretaciones que se realiza nosotros seguimos a Pedrinaci (1996) y Furió (1996):

- Los estudiantes en clase presentan una serie de concepciones alternativas muy variada sobre objetos y sucesos naturales. Según ciertos autores las concepciones tienen cierta coherencia interna (Furió, 1996), y según otros su coherencia interna es escasa (Pedrinaci, 1996).
- Estas ideas previas son comunes a estudiantes con distintos medios y diferentes edades, géneros y culturas. Pedrinaci (1996) considera su carácter cambiante y su escasa consistencia.
- Son muy persistentes y no se modifican con facilidad. En cambio Pedrinaci (1996) plantea la posibilidad de la existencia de construcciones momentáneas.
- Las ideas previas, presentan en ocasiones semejanzas aparentes con concepciones vigentes del pensamiento científico y filosófico a lo largo de la historia, contrario a lo que opina Pedrinaci (1996).
- Los conocimientos previos de los alumnos interactúan con las enseñanzas del aula siendo los resultados totalmente imprevisibles.
- Las estrategias didácticas que facilitan el cambio conceptual, pueden utilizarse como herramientas a la hora de impartir la materia.
- Los orígenes de estas ideas previas son muy variados, debidos a experiencias personales relacionadas con la percepción, la cultura, el lenguaje, los métodos de enseñanza, las explicaciones de los docentes, los materiales utilizados...

En cuanto a su origen Pozo et al. (1991) distingue tres tipos:

- Origen sensorial: las concepciones espontáneas

Estas ideas surgirían como consecuencia del intento de dar significado a las actividades cotidianas y serían motivadas por los procesos sensoriales y perceptivos. Un ejemplo de ellas serían muchas de las concepciones que poseemos acerca de la salud y la enfermedad. Son, por lo general, ideas de gran universalidad, a través de culturas y edades y tienen más carácter implícito que explícito, es decir, difíciles de verbalizar.

- Origen cultural: las concepciones sociales

En este caso las ideas surgirían como consecuencia del contacto con el entorno cultural y social del alumnado. En la sociedad actual la abundancia de información científica proveniente de los medios de comunicación y el entorno del alumnado constituyen un bombardeo difícil de interpretar y entender. La escuela debe servir de nexo de unión, filtro y punto de anclaje de toda esa información, en muchos casos, carente de sentido o poco coherente.

- Origen escolar: las concepciones análogas

El entorno escolar es una fuente importante de ideas previas. Tanto la existencia de errores, como las presentaciones deformadas o simplificadas llevan a una comprensión errónea de ciertos conceptos o principios. Esto puede ocurrir cuando llevamos a cabo la transposición didáctica de teorías científicas complejas al aula, es importante se conscientes de los errores que inducimos al realizar dicha transposición, para poder irlos subsanando a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Lo que nos ocupa, hace referencia al entorno escolar, que es desde donde podemos actuar, pero no debemos olvidar el resto de orígenes de las ideas previas, ya que todos son importantes y se manifiestan al mismo tiempo en nuestros alumnos.

El conocimiento de las ideas previas es muy importante para programar actividades específicas de la enseñanza de las materias de ciencias (en nuestro caso). Según Driver et al. (1999) algunas de las estrategias que pueden utilizarse son:

- Dar la oportunidad a los alumnos para que expongan sus propias ideas de diversas formas (mediante el diálogo, por escrito, por medio de la expresión artística de un dibujo etc.).
- Introducir hechos discrepantes, que provoquen el conflicto.
- Plantear preguntas con el objetivo de favorecer las discusiones en grupos pequeños entre los alumnos, ya que puede contribuir a cuestionarse sus propias ideas y reconstruirlas de manera más adecuada.
- Estimular la formulación de un conjunto de esquemas conceptuales. Es necesario tener en cuenta la tendencia que existe en nuestro sistema educativo del “síndrome de la respuesta correcta” y evitarla, ya que no contribuye a potenciar el pensamiento crítico ni científico. La creación de esquemas conceptuales puede favorecerse mediante la discusión en pequeño grupo, la técnica del brain-storming, o la introducción de nuevos conceptos por parte del profesor o a través de materiales educativos distintos a los convencionales como por ejemplo las web-quest o caza del tesoro.

- Practicar el empleo de las ideas en situaciones diversas, contextualizarlas y aplicarlas para poder comprenderlas mejor.

Al tratar el tema en la asignatura de Fundamentos, me decanté por el tratamiento de las mismas según la primera de las estrategias nombradas por Driver et. al (1999), para tratar las ideas previas referentes a la Nutrición humana. Dicho aspecto, puede encuadrarse no sólo en el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria dentro de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza (Biología y Geología), en una unidad didáctica de la misma, sino como uno de los objetivos generales de la ESO.

Este fue el tema elegido en la asignatura de Fundamentos para elaborar una de las cuestiones del portafolio, a partir del estudio mencionado anteriormente *“Ideas previas del alumnado de enseñanza secundaria sobre nutrición”* (Suarez y Patiño, 1998).

Existen numerosas ideas previas sobre alimentación, la importancia del tema, mi predilección y formación sobre el mismo, y la existencia de una gran influencia social acerca de todo lo relacionado con la alimentación, hacen del mismo una gran fuente de ideas previas. Existe un término utilizado en alimentación “falsos mitos sobre la alimentación” que puede englobar algunas de estas ideas previas que pueden tener los alumnos de ESO.

El segundo tema relacionado con las ideas previas sobre el que he trabajado ha sido la genética. En la asignatura de Diseño, Organización y Desarrollo de Actividades para el Aprendizaje en Biología y Geología se trataron entre otras, las ideas previas relacionadas con la genética que es el tema de la propuesta didáctica en la que se basa este trabajo. En base a la literatura sobre estas ideas previas se diseñó un cuestionario inicial para la propuesta didáctica del practicum, y se elabora una tabla correlacionando las ideas previas sobre genética, con el cuestionario inicial, y se presentan algunos ejemplos de los alumnos (ver tabla3).

La primera de las estrategias de Driver se basa en la exposición de los alumnos de sus ideas previas, en la propuesta de genética se realiza mediante un cuestionario inicial (ver figura 1), que deben responder por escrito los alumnos al inicio del tema. Una vez que los alumnos las han contestado, se realiza una puesta en común, dirigida por el profesor y se responde a algunas de ellas. Esto favorece que los alumnos expresen su opinión. A lo largo del tema se hace hincapié en los aspectos relativos al cuestionario inicial en los que los alumnos tenían más dificultades como la constitución de los genes y su composición. En el cuestionario que se pasó únicamente cuatro alumnos respondieron que los genes estaban compuestos por ADN. También tuvieron problemas al ordenar los distintos niveles de organización biológicos, varios de ellos no sabían establecer qué orden seguían célula, orgánulo, macromolécula o molécula. Tampoco fueron capaces de poner ejemplos. Otra de las dificultades fue la localización del material genético, no lo localizaban en el núcleo de la célula, y no lo relacionaban con el ADN como ya he comentado. Por tanto, durante la explicación mediante power point (ver anexo IV), se introducían las preguntas del cuestionario relativas a los conceptos que se trataban en la sesión.

Continuando con Driver, para introducir nuevos conceptos, se utilizaron materiales educativos diversos, como power point, base de orientación (ver anexo III), y la construcción de un modelo de estructura del ADN (los alumnos no estaban habituados a trabajar con ellos).

Para la elaboración de los contenidos, se tuvieron en cuenta algunas de las ideas previas de la literatura y sus implicaciones didácticas como:

La relación entre los distintos conceptos de genética debe explicitarse por medio de actividades o cuestiones (como las del cuestionario que relacionan herencia con gen y ADN).

La necesidad de realizar un esfuerzo para integrar los conceptos de genética mendeliana con genética molecular (en el caso de la explicación de las mutaciones a partir de la secuencia de las bases nitrogenadas que se realizó en una de las sesiones).

La disminución del número de detalles de los procesos genéticos focalizando en las ideas fundamentales. Lo cual se hizo en la selección de contenidos para la exposición del power point, simplificando al máximo (detalles como las enzimas presentes en los procesos).

Algunas de las ideas previas sobre genética en base a las cuales se realizan las preguntas del cuestionario son:

- Según Gericke (2009), los alumnos pueden definir conceptos genéticos, pero tienen dificultades para relacionarlos entre sí. En el cuestionario se pregunta ¿qué es un gen? ¿de qué están constituidos los genes? ¿qué moléculas forman los genes? ¿qué significan las siglas ADN, y ARN? Otra de las ideas alternativas está relacionada con las dificultades que tienen los estudiantes para relacionar estructuras y conceptos con el nivel sistemático correcto. Para ello les propuse que organizaran los siguientes términos en función de su complejidad (de más a menos complejo), y que pusieran ejemplos de cada uno de ellos: células, individuos, tejidos, partículas subatómicas, moléculas, átomos, órganos, macromolécula, orgánulos, aparatos y sistemas.
- Martínez et al. (2005) Afirman que los alumnos tienen dificultades con la localización de los genes: ¿Dónde se encuentran los genes?; únicamente cinco alumnos contestan que en el núcleo de las células. También afirman que no diferencian entre los conceptos de gen y alelo: ¿Los términos gen y alelo son equivalentes? Explícalo.
- Según Stewart (1982) citado en Ayuso y Banet (2002) no existe relación entre los conceptos gen-alelo, gen-ADN: ¿qué relación existe entre gen y ADN?
- Ya que las células de un organismo tienen distintas características físicas, deben tener ADN diferentes (Ayuso y Banet, 2002): ¿Todas las células de un individuo tienen los mismos genes? ¿y de dos individuos distintos de la misma especie?
- Los alumnos tienen la idea de que las mutaciones son dañinas, negativas, según Cho et al. (1985) citado en Ayuso y Banet (2002), la pregunta del cuestionario es: ¿todas las mutaciones son dañinas? ¿por qué?

El cuestionario se muestra en la figura 1.

Figura 1. Cuestionario de evaluación inicial. Genética molecular.

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN INICIAL: GENÉTICA MOLECULAR

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN INICIAL: GENÉTICA MOLECULAR

Curso:

Nombre:

Edad:

1. ¿Qué es un gen?
2. ¿De qué están constituidos los genes?
3. ¿Dónde se encuentran los genes?
4. ¿Qué moléculas forman los genes?
5. ¿Qué significan las siglas ADN? ¿Y ARN?
6. ¿Todas las células de un individuo tienen los mismos genes? ¿y de dos individuos distintos de la misma especie?
7. ¿Qué relación existe entre gen y el ADN?
8. ¿Todas las mutaciones son dañinas? ¿por qué?
9. Los términos gen y alelo: ¿son equivalentes? Explícalo
10. ¿Cómo explicarías qué es el genoma?
11. Niveles de organización biológicos:
 - 11.1. Organiza los siguientes términos en función de su complejidad (de más a menos complejo)

<input type="radio"/> Células	<input type="radio"/> Átomos
<input type="radio"/> Individuos	<input type="radio"/> Órganos
<input type="radio"/> Tejidos	<input type="radio"/> Macromolécula
<input type="radio"/> Partículas subatómicas	<input type="radio"/> Orgánulos
<input type="radio"/> Moléculas	<input type="radio"/> Aparatos y sistemas
 - 11.2. Pon ejemplos de cada uno de ellos
12. ¿Es importante para ti el estudio de la genética? ¿Te interesa? ¿Por qué?
13. ¿Qué te gustaría aprender sobre el tema de genética molecular? ¿puede serte útil en tu vida? Explícalo.

Cuestionario KPSI

El cuestionario KPSI, y su uso ha sido tratado en dos de las asignaturas del master. En ambas se definió como una herramienta metacognitiva. En un primer lugar fue enfocado desde el punto de vista de la atención a la diversidad del alumnado en la asignatura de ACNEAE. En segundo desde la perspectiva de la evaluación de la asignatura de Evaluación e Innovación Docente e Investigación Educativa en Biología y Geología.

El cuestionario KPSI (Knowledge and Prior Study Inventory) (Young y Tamir, 1977 citado en Jorba y Casellas, 1996) es un instrumento adecuado para hacer una evaluación inicial en relación con los contenidos de una propuesta didáctica (Pujolas, 2001). A través de estos formularios se obtiene información sobre el grado de conocimientos que los alumnos creen tener con relación a los contenidos u objetivos que se propone que aprendan. Diversas investigaciones, han demostrado que “conocer lo que creen que saben sobre determinadas cuestiones se ha revelado tan útil como conocer lo que realmente saben o piensan los alumnos” (Jorba y Casellas, 1996, p. 41).

Durante el mes de noviembre, simultáneamente a la realización del Master, impartí un curso de formación para el empleo del INAEM, sobre Dietética y Nutrición de cuarenta horas. Tras conocer el KPSI en la asignatura de ACNEAE, lo puse en práctica en el curso de Nutrición y Dietética como evaluación inicial (ver figura 2). Lo modifiqué para incluir ítems relacionados con los principales conceptos que íbamos a tratar, y lo realicé el primer y el último día de curso. Esto me sirvió al inicio para hacerme una idea del nivel de los alumnos respecto a los temas, y también de su interés por los mismos. Y al final, para poder comprobar si ellos creían que habían progresado o no. Cuando habían realizado el cuestionario por segunda vez, les entregué el que realizaron el primer día, para que compararan ellos mismos sus logros.

Otra de las utilidades del KPSI fue conocer sus intereses, ya que les pedí que escribieran cuales eran los temas que les interesaban e incidí en ellos durante la realización del curso. Por ejemplo tenía una alumna vegetariana, otro alumno que tenía un catering y otra muy interesada en la alimentación en el deporte, y estos temas quedaron reflejados en el cuestionario y pude comprobar su utilidad.

Figura 2. Cuestionario KPSI para la evaluación inicial dietética y nutrición.

CUESTIONARIO PARA LA EVALUACIÓN INICIAL

Nombre:

Fecha:

Indica en el sitio correspondiente:

- a) Si ya has estudiado el concepto/tema o el procedimiento/actividad: si/no
- b) El grado de conocimiento/comprensión que tienes en este momento sobre el concepto/tema, o el grado de dominio sobre el procedimiento/actividad.

1= No lo conozco/ no sé hacerlo

2= Quizás lo conozco un poco/ quizás sé hacerlo un poco

3= Lo conozco parcialmente/ Sé hacerlo parcialmente

4= Lo conozco bastante bien/Sé hacerlo bastante bien

5= Lo puedo explicar a un compañero o compañera/Lo puedo enseñar a un compañero o compañera

CONCEPTO/TEMA	CONOCIMIENTO PREVIO		GRADO DE CONOCIMIENTO/DOMINIO				
	SI	NO	1	2	3	4	5
NUTRICIÓN							
ALIMENTACIÓN							
TIPOS DE NUTRIENTES							
FUNCIONES NUTRIENTES							
DIETA							
DIETA MEDITERRÁNEA							
TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS							
COMPONENTES APARATO DIGESTIVO							
FUNCIONES DEL SISTEMA DIGESTIVO							
ABSORCIÓN NUTRIENTES							
VALORACION NUTRICIONAL							
INDICE DE MASA CORPORAL: IMC							
ENCUESTAS ALIMENTARIAS							
DIARIO DIETÉTICO							
ALERGIA ALIMENTARIA							
INTOLERANCIA ALIMENTARIA							
DIABETES							
CALORIA							
TRASTORNOS DE LA CONDUCTA ALIMENTARIA							
INTOXICACIÓN ALIMENTARIA							
CADENA ALIMENTARIA							
TRAZABILIDAD							
SEGURIDAD ALIMENTARIA							

Posteriormente, en el marco del Master, durante el practicum, utilicé el KPSI de una forma similar a la anterior, pero con los contenidos de genética en los que se basa la propuesta.

En la primera sesión, y junto con el cuestionario inicial, los alumnos realizaron el cuestionario KPSI que se muestra a continuación. Los ítems están relacionados con

ROSALIND FRANKLIN FOTOGRAFÍA Nº 51

algunos contenidos que ya deben conocer porque han sido tratados anteriormente en el aula, como qué es el ADN, o la localización de un gen, pero sobre todo con los contenidos en los que se profundizará en esta propuesta como estructura del ADN y ARN, tipos de ARN, replicación, transcripción y código genético. A continuación se muestra el cuestionario elaborado para la propuesta:

Tabla 3. Cuestionario KPSI genética

CUESTIONARIO KPSI : EVALUACIÓN INICIAL

Nombre:

Fecha:

Indica en el sitio correspondiente:

- a) Si ya has estudiado el concepto/tema: si/no
- b) El grado de conocimiento/comprensión que tienes en este momento sobre el concepto/tema.

1= No lo conozco

2= Quizás lo conozco un poco

3= Lo conozco parcialmente

4= Lo conozco bastante bien

5= Lo puedo explicar a un compañero o compañera

CONCEPTO/TEMA	CONOCIMIENTO PREVIO		GRADO DE CONOCIMIENTO/DOMINIO				
	SI	NO	1	2	3	4	5
Qué es el ADN							
Qué es el ARN							
Estructura del ADN							
Estructura del ARN							
Tipos de ARN							
Replicación del ADN							
Transcripción del mensaje genético							
Traducción del mensaje genético							
Código genético							
Ingeniería genética							
Biotecnología							
Genoma							
Qué moléculas constituyen un gen							
Localización de un gen							
Funciones del ADN							
Funciones del ARN							
Transgénicos							
Clonación							

En la última sesión de la propuesta que aplique en el instituto, los alumnos cumplimentaron de nuevo el cuestionario que hicieron el primer día, pero esta vez con otro color para que pudieran ver su evolución.

También me sirvió a mí para poder observar la evolución que ellos creían que habían tenido. Ambos cuestionarios se han utilizado como valor informativo, no se han utilizado para calificar a los alumnos. A continuación se muestra un ejemplo de los resultados de la cumplimentación de unos de los cuestionarios por parte un alumno, antes y después de la realización de la propuesta:

Figura 4. Ejemplo resultados cuestionario KPSI genética de un alumno.

Ejemplo resultados cuestionario KPSI

Nombre:

Fecha:

Indica en el sitio correspondiente:

- a) Si ya has estudiado el concepto/tema: si/no
- b) El grado de conocimiento/compreensión que tienes en este momento sobre el concepto/tema.

1= No lo conozco

2= Quizás lo conozco un poco

3= Lo conozco parcialmente

4= Lo conozco bastante bien

5= Lo puedo explicar a un compañero o compañera

Nombre: A9.

Fecha: 20/03/14(X) y 30/04/14(*)

CONCEPTO/TEMA	CONOCIMIENTO PREVIO		GRADO DE CONOCIMIENTO/DOMINIO				
	SI	NO	1	2	3	4	5
Qué es el ADN	x				X		*
Qué es el ARN	*	x	X				*
Estructura del ADN	X			X			*
Estructura del ARN	*	X	X				*
Tipos de ARN	*	X	X			*	
Replicación del ADN	*	X	X			*	
Transcripción del mensaje genético	*	X	X			*	
Traducción del mensaje genético	*	X	X			*	
Código genético	*	X	X			*	
Ingeniería genética	X			X		*	
Biotecnología	X			X		*	
Genoma	X				X	*	
Qué moléculas constituyen un gen						*	
Localización de un gen	X			X	*		
Funciones del ADN	X			X			*
Funciones del ARN	*	X	X				*
Transgénicos	X			X			*
Clonación	X			X			*

Se puede apreciar que según el alumno ha aumentado claramente su grado de conocimiento de cada uno de los ítems al final de las sesiones respecto al inicio de las mismas.

Dado que no conocía a los alumnos, ni sabía a ciencia cierta qué conocimientos poseían sobre genética, porque no los había impartido yo, me resultó muy útil al principio de las sesiones para conocer el nivel de conocimientos que creían que tenían sobre el tema.

3. PROPUESTA DIDÁCTICA: Rosalind Franklin **fotografía n° 51**

3.1. INTRODUCCIÓN, JUSTIFICACIÓN Y MARCO TEÓRICO

En este apartado, se discuten la modelización y su importancia en el aprendizaje de las ciencias así como las dificultades que encuentran los alumnos de secundaria en el aprendizaje de la genética.

Modelización

Los científicos, para interpretar la realidad, y los fenómenos que estudian utilizan teorías y modelos. Los alumnos necesitan aprender no solo el conocimiento sobre ciencia sino también cómo éste es construido. El uso, construcción y evaluación de modelos es una de las principales prácticas de la comunidad científica, por lo que también deberíamos dar la oportunidad a los alumnos que no solo conocieran el modelo, en este caso de ADN, sino que también lo construyeran, reflexionar sobre el proceso y lo utilizaran para entender cómo se realizan la replicación o la transcripción en las células.

Respecto a la utilización de modelos en ciencias y en la enseñanza de las ciencias (Justi, 2006), comenzaré por aportar una definición de modelo: “es una representación de una idea, objeto, acontecimiento, proceso o sistema, creado con un objetivo específico” (Booulter, Gilbert y Elmer, 2000).

En el mismo artículo (Justi, 2006) se hace referencia a las diversas utilidades de los modelos: “(...) simplificar fenómenos complejos; ayudar en la visualización de entidades abstractas; servir de apoyo en la interpretación de resultados experimentales; servir también de ayuda en la elaboración de explicaciones y en la propuesta de previsiones”. Morrison y Morgan (1999) añaden a estas utilidades que los modelos son instrumentos mediadores entre la realidad y la teoría. Relacionado con el aprendizaje, afirman que puede tener lugar en dos momentos del proceso, en la construcción y en la utilización del modelo. Cuando construimos un modelo, creamos un tipo de estructura representativa y desarrollamos una forma científica de pensar. Al utilizarlo aprendemos sobre la situación representada por el mismo.

Justi (2006) diferencia distintos tipos de modelos. Por una parte los modelos científicos, que son representaciones complejas como por ejemplo fórmulas matemáticas. Por otra los modelos curriculares que son simplificaciones de los modelos científicos, y son los que habitualmente se enseñan en clase de ciencias. Y dentro del contexto escolar distinguen los modelos curriculares de los modelos para la enseñanza. Estos últimos son definidos como las representaciones creadas con el objetivo específico de ayudar a los alumnos a aprender algún aspecto concreto de un modelo curricular. Así mismo se hace referencia a la potencialidad de los modelos en la enseñanza: “Los modelos para la enseñanza, son muy potentes al ayudar a los alumnos a comprender los modelos curriculares, es decir, a aprender ciencia” (Justi, 2006, p.176).

Los tipos de representaciones de modelos más comunes en la enseñanza son dibujos, maquetas, simulaciones y analogías.

Respecto a la visión de los alumnos sobre qué es un modelo y su función; según los estudios realizados por Grosslight et al. (1991) en alumnos de secundaria y expertos sobre qué consideran un modelo, cual es la función, qué tipos de modelos existen y por quién son realizados. Se distinguen tres niveles; los dos primeros niveles son alcanzados por los alumnos, y el tercero por los expertos. En el primero consideran los modelos como copias de la realidad, sin distinguir que ideas se encuentran tras ellos, ni qué datos apoyan su utilidad. Tampoco identifican como función del modelo la construcción del conocimiento científico. A este primer grupo corresponden la mayoría de los alumnos entre 12 y 13 años.

En el segundo compuesto por el 36% de los alumnos de 16 y 17 años, ya distinguen las ideas que se encuentran tras los modelos, los datos y la relación de la función del modelo con su forma. Así mismo, reconocen la posibilidad de modificar el modelo en función de los datos experimentales. Relativo a la función los consideran como meros transmisores de información.

El tercer grupo en el que se encuentran los expertos, reconocen que el modelo es construido para desarrollar ideas y explicaciones acerca de un fenómeno, y no como prueba de la realidad. El modelo sirve para construir el conocimiento. La persona que lo diseña adquiere un papel activo en su construcción, por lo que el modelo puede ser manipulado según los datos y pruebas hallados.

Como Grosslight et al. (1991) afirma que para que los alumnos aprendan sobre los modelos, deben construirlos, y reflexionar sobre su naturaleza, no sólo utilizarlos.

Tras la documentación revisada, en la que la parte práctica es indispensable, me propuse que los alumnos debían tomar un papel más activo en las clases, y que a la vez debían poder visualizar, e incluso construir un modelo que representara la realidad explicada. Tras cotejar diversas posibilidades, y basándome en lo mencionado anteriormente, decidí que la propuesta se basara en la construcción de un modelo por parte de los alumnos. Consideré que la forma de representación más adecuada era una maqueta ya que permitía la visualización por parte del alumnado tanto de la composición de los ácidos nucleicos (nucleótidos), como de la estructura del ADN. Esto

complementaba al resto de actividades en las que se trabajan otras formas de representación como esquemas, dibujos y lenguaje escrito.

Aprendizaje de genética

La dificultad de los contenidos de genética, tanto para impartirlos como para aprenderlos, queda muy bien recogida en Martínez et al. (2005, p. 49) *“la genética no es una material fácil de aprender (ni de enseñar)*. También trata la abstracción de los contenidos de genética: *“(…) una de las principales dificultades de esta área es el grado de abstracción de los contenidos de la genética, (…) conceptos como gen, alelo, genotipo (…) son conceptos teóricos y por tanto construcciones mentales cuyos atributos definitorios no pueden ser comprobados directamente”* (Martínez et al.2005, p. 50).

Otra de las dificultades tratadas reside en la necesaria capacidad de integración de los diversos niveles de organización, tanto a nivel molecular, celular y de organismo. Por ejemplo tienen dificultades para relacionar que el ADN es una molécula, y que está dentro de las células, en concreto en el núcleo. En relación a lo anterior, Gericke (2009) considera que los estudiantes tienen dificultades para relacionar estructuras y conceptos con el nivel sistemático correcto; así mismo tienen dificultades para hacer extrapolaciones de un nivel organizativo a otro. Por ejemplo, al igual que las proteínas están compuestas por aminoácidos, los ácidos nucleicos están compuestos por nucleótidos.

Según Stewart (1982) citado en Ayuso y Banet (2002), los alumnos no relacionan fácilmente conceptos como gen y ADN, o gen y alelo, al igual que no diferencian entre gen y alelo (Martínez, 2005). Ayuso y Banet (2002) afirman que los alumnos creen que las células de un mismo organismo deben tener distinto ADN porque tienen características físicas distintas.

Martínez (2005) hace referencia a otra fuente de dificultades que es la organización del currículum en secundaria. La falta de conexión de algunos aspectos relacionados entre sí como la estructura y función tanto celular como molecular, así como la herencia y la genética. Según el artículo, la enseñanza está muy determinada por los libros de texto, por lo que conocer los problemas o limitaciones de estos libros puede ayudar al docente a reenfocar la enseñanza que contienen. En este estudio Martínez et al. (2005) realizaron un análisis de los contenidos de genética presentes en los libros de texto de ESO y Bachillerato más utilizados en las aulas, así como su desarrollo y discusión. Se analizó el contenido conceptual de la genética por medio de la elaboración de un cuestionario que abarcaba los aspectos relacionados con la información genética, su expresión, variación y manipulación. Dicho cuestionario fue aplicado a todos los niveles educativos de forma que los resultados fueran comparables

Algunos de los resultados del estudio fueron:

- Se detectó una falta de conexión entre los conceptos genéticos, por ejemplo los conceptos gen y ADN. Existen pocas referencias a la implicación del ADN en las características de un organismo excepto en la definición. Se puede explicar debido a la utilización de cada término en distintos contextos: gen se utiliza en la parte dedicada a la herencia o a la genética molecular (en bachillerato) y ADN en la parte de la composición química de los seres vivos. Los conceptos aparecen en diferentes lugares del texto sin que se establezca (en la mayoría de los casos) una conexión clara entre ellos. La dicotomía encontrada entre la función del ADN y la de los genes no permite establecer claramente las relaciones existentes entre los conceptos, y coincide con lo observado en otros estudios en alumnos israelíes.
- El concepto de locus sólo aparece cuando se explica la herencia mendeliana en 1º de Bachillerato, y no cuando se explica la expresión de los genes en 2º. En otros estudios se afirma que los alumnos no sitúan correctamente los genes al representar gráficamente un cromosoma, por tanto no sitúan los genes en el núcleo celular.
- El término de alelo está relacionado a la genética clásica en los libros de texto, y no se nombra en la genética molecular. Este concepto es uno de los que genera mayores problemas para los alumnos. La definición de alelo, en algunos textos aparece adecuada como: “variantes o alternativas que puede presentar un gen”, pero hay otras definiciones que pueden inducir a error. Por ejemplo que un gen sólo puede tener dos alelos. Ya que en gran cantidad de libros, indican que existen dos alelos.
- La limitación de los libros al analizar la expresión de la genética mendeliana y la molecular. En gran cantidad de libros de niveles inferiores no se nombra el término “código genético”. Existe una confusión entre código y mensaje genético. La universalidad del código genético se menciona en pocos libros de 4º de ESO y 1º de Bachillerato.
- Se detectaron gran cantidad de detalles de los procesos en la mayoría de los niveles, y en ocasiones se pierde la idea esencial que se quiere transmitir de dicho proceso. En el caso de la replicación por ejemplo: que es semiconservativa y genera dos moléculas idénticas, basándose en la complementariedad de las bases, se pierde ya que los alumnos reciben hasta 14 conceptos distintos que tienen que memorizar.
- Respecto a la ingeniería genética, el concepto de que la universalidad del código genético es la base de esta ingeniería no se indica en los libros. Ni que la inserción de un gen en el genoma de otro supone la expresión de una proteína, y como consecuencia a una nueva característica.
- El número de páginas dedicado a la ingeniería genética, en algunos casos supone el 10% (más de 30 págs.) en 2º Bachillerato. Por tanto se describen procesos muy complejos que necesitan conocimientos previos muy superiores a los que poseen los alumnos a los que van dirigidos. Ej: encimas de restricción en los libros de 4º ESO, o retrotranscriptasa inversa en 1º Bachillerato.
- Por otro lado, la percepción de los microorganismos por parte de los alumnos como perjudiciales (patógenos) puede generar el rechazo a la utilización en la ingeniería genética.

Otra de las implicaciones que se ha tratado en la propuesta es la simplificación (tratando de no transmitir conceptos erróneos), de los procesos que tienen lugar en genética, centrándose en las ideas fundamentales como la función y el concepto del mismo, y dejando a un lado los detalles descriptivos para niveles superiores.

Basándonos en estas investigaciones sobre los conocimientos de los estudiantes se ha elaborado una tabla (ver tabla 1) en la que se relacionan dichas ideas con las preguntas del cuestionario a las que corresponden. También se presentan ejemplos de respuestas del alumnado.

Además de la realización del cuestionario y su posterior comentario en clase, se integró parte de la información en los contenidos que se explicaban (como la localización del material genético, ADN, en el núcleo de la célula), se establecieron relaciones con lo que los alumnos habían estudiado en la parte de genética mendeliana, como las mutaciones y con ejemplos concretos (como la diabetes), o la relación explícita entre la secuencia de las bases nitrogenadas y la información genética.

3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PROPUESTA

En base a lo discutido en la sección anterior se elabora una propuesta con el objetivo de que los alumnos establezcan relaciones entre la estructura de los ácidos nucleicos y los procesos de replicación, transcripción y síntesis de proteínas; con la ayuda de la construcción de un modelo que represente la estructura de los ácidos nucleicos, en concreto la doble hélice antiparalela y complementaria del ADN.

La propuesta se basa en la construcción de un modelo que represente la estructura de los ácidos nucleicos. Desde la construcción de los nucleótidos (ADN y ARN), pasando por la estructura de los ácidos nucleicos: doble hélice de ADN y estructura lineal de ARN, hasta la realización de la replicación del ADN y la transcripción a ARN. Para evitar que la construcción del modelo se convierta en una simple manualidad, carente de sentido, se elabora una base de orientación (anexo III) con las instrucciones que deben seguir los alumnos a lo largo de las sesiones; en ella se recalca la necesidad de utilizar un lenguaje científico durante todo el proceso.

Ésta se engloba dentro de la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO, que es una asignatura optativa tal y como se indica en el currículo de la ESO, en la Comunidad Autónoma de Aragón (DECD, 2007). Es conveniente que los alumnos tengan conocimientos previos sobre genética mendeliana, composición y estructura celular para que puedan cursar esta unidad. Dentro de los contenidos se encuentra en el bloque conocido en la mayoría de los libros de texto como genética molecular. Tema 7: Genética Molecular (Cabrera y Sanz, 2008).

La propuesta consta de varias actividades que giran en torno a la genética molecular. Las sesiones se estructuran en dos partes bien diferenciadas. Una parte en la que se exponen los contenidos de forma expositiva utilizando distintas técnicas, y otra en la que los alumnos, con la ayuda de la base de orientación trabajan en grupo en la

construcción del modelo, realizan un mural y contestan a las cuestiones que figuran en el guión. En las diversas tareas se intercalan actividades individuales con trabajo en grupo.

La introducción de un papel más activo del alumnado en la dinámica de las sesiones con el trabajo en grupo, se justifica con uno de los principios metodológicos generales (DECD, 2007) que hace referencia al papel activo del alumnado.

Según el Instituto Nacional de Tecnologías educativas y de Formación del Profesorado (2005) se nombran nueve tipos de adaptaciones fundamentales en la intervención educativa en el aula inclusiva. Atendiendo a los resultados de los alumnos es necesario adaptar el modo en que el alumno puede presentar sus resultados de aprendizaje. En lugar de responder únicamente a través de preguntas escritas, se le permiten respuestas verbales, o se le ofrecen otras formas de demostrar que se ha aprendido como pueden ser el dibujo o el esquema. Se ha tenido en cuenta la atención a la diversidad de los alumnos al utilizar distintos recursos como esquemas, dibujos; distintas formas de trabajar en el aula, individual, en grupo y distintas formas de evaluación.

Objetivos, contenidos y su relación con las competencias básicas

Para realizar los objetivos y contenidos de la propuesta me he basado en la programación del IES Parque Goya, y en varios libros de texto de Biología y Geología de 4º de ESO correspondientes a las editoriales Oxford, Anaya y Santillana. Además también he tenido en cuenta la literatura consultada sobre ideas alternativas de genética, y las dificultades de aprendizaje (Ayuso, G.E. y Banet, E. 2002; Gericke, 2009; y Martínez et al 2005).

Objetivos

1. Conocer la estructura y composición de los ácidos nucleicos.
2. Identificar el ADN como la molécula portadora del material hereditario y aprender cómo se replica.
3. Entender qué es un gen.
4. Comprender los procesos de transferencia de la información genética del ADN a las proteínas.
5. Conocer qué es el código genético y sus características.
6. Construir un modelo tridimensional que represente la estructura del ADN y comprender su significado.
7. Relacionar el modelo con la explicación de procesos como la replicación y la transcripción.
8. Identificar ideas principales y realizar esquemas para relacionar los principales procesos de genética molecular
9. Trabajar en equipo, que se concreta en identificar y utilizar las fortalezas individuales para el buen funcionamiento del grupo. Mostrar disponibilidad y participar activamente en el trabajo en equipo.

Los contenidos que se trabajan en la unidad son los siguientes:

Contenidos relacionados con los conocimientos: saber-saber:

- Ácidos nucleicos, composición, tipos y estructura.
- La replicación del ADN.
- La información genética: los genes y el genoma.
- Expresión de la información genética: transcripción y traducción.
- El código genético.

Contenidos relacionados con las habilidades: procedimientos, saber aplicar y saber hacer:

- Elaboración de la secuencia complementaria de una cadena de ADN.
- Obtención de la secuencia de aminoácidos a partir de la secuencia de nucleótidos por medio del código genético.
- Elaboración y utilización de modelos tridimensionales que representen la estructura de los ácidos nucleicos.
- Realización y utilización de esquemas que relacionen los principales procesos de genética molecular.

Contenidos relacionados con saber ser y saber estar, las actitudes y los valores:

- Interés por los avances científicos en el campo de la genética molecular.
- Valoración del trabajo cooperativo y ayuda a los compañeros.

Contribución al desarrollo de las competencias básicas

Desarrollo de la competencia en comunicación lingüística:

- Conocer campos semánticos amplios utilizando el lenguaje científico para utilizarlo en la resolución de problemas relacionados con la estructura y composición de los ácidos nucleicos, replicación, transcripción y traducción, utilizando el código genético.
- Relacionar los distintos lenguajes de conocimiento como son las representaciones externas como dibujos, símbolos etc. con la teoría que representan.
- Aplicar los conocimientos y procedimientos científicos adquiridos para comprender las informaciones de los medios escritos y audiovisuales.

Desarrollo de la competencia matemática:

- Desenvolverse adecuadamente con relación al espacio, las distancias y los giros para comprender la estructura del ADN.

Tratamiento de la información y competencia digital:

- Obtener información por distintos canales como internet o prensa escrita y por distintas fuentes.

- Seleccionar, contrastar y criticar la información obtenida de diversas fuentes como webs o libros especializados en ciencias a la hora de buscar información sobre científicos.

Desarrollo de la competencia cultural y artística:

- Utilizar diferentes tipos de lenguaje; desde el lenguaje simbólico al lenguaje gráfico (esquemas y dibujos) en los distintos trabajos.

Desarrollo de la autonomía e iniciativa personal:

- Identificar y utilizar para el bien del grupo las debilidades y fortalezas de sus miembros.

Criterios de evaluación

1. Conoce que los genes están constituidos por ADN y sabe localizar este compuesto en las células.
2. Conoce la estructura básica del ADN y del ARN, citando sus componentes y en el caso del ARN conoce los tres principales tipos de ARN que intervienen en la expresión génica.
3. Conoce y describe las funciones de los ácidos nucleicos en las células: duplicación, replicación y traducción.
4. Reproduce los mecanismos de la expresión genética por medio del código genético.
5. Construye un modelo tridimensional de la estructura de los ácidos nucleicos de forma adecuada, situando los distintos componentes en la posición correcta.
6. Identifica las ideas principales, y realiza esquemas explicativos de los principales procesos de genética molecular.
7. Trabaja en equipo, mostrando disponibilidad y participando activamente en el trabajo en equipo.
8. Identifica y utiliza sus fortalezas individuales para el buen funcionamiento del grupo.

A continuación se muestra una tabla 1 en la que se relacionan las competencias básicas, y su desempeño, con los objetivos de la propuesta mencionados anteriormente.

Tabla 1. Competencias básicas, desempeño y su relación con los objetivos.

Competencias básicas	Desempeño	Objetivo
Comunicación lingüística	Maneja con soltura vocabulario del ámbito científico tanto en la comunicación oral como en la escrita. Relaciona los distintos lenguajes de conocimiento como son las representaciones externas como dibujos, símbolos, escrito, etc. con la teoría que representan.	1,3,5,7,9
Matemática	Maneja con destreza el material.	6
Tratamiento de la información y competencia digital	Utiliza las distintas fuentes de información y las nuevas tecnologías para recoger, procesar e interpretar la ciencia y las innovaciones científicas.	2-5
Cultural y artística	Expresa sus aprendizajes a través de trabajos creativos y utiliza diferentes tipos de lenguaje, desde el simbólico al gráfico.	6,7,8
Autonomía e iniciativa personal	Identifica y utiliza sus fortalezas para el buen funcionamiento del grupo.	9

Descripción del aula y materiales necesarios

Las clases se articulan en base a dos partes bien diferenciadas, tanto en la metodología utilizada como en la estructura y gestión del aula.

Una primera parte de la sesión en la que el profesor explica de forma expositiva los contenidos, y que se realiza con la ayuda del power point, la pizarra y proyección de vídeos. Consideramos que la utilización de presentaciones en formato digital (en este caso power point) y el uso de vídeos son herramientas de enseñanza habitualmente utilizadas en el aula. En este caso han sido utilizadas para explicar los contenidos de forma oral y visual. Según Marqués (1998), algunas de las ventajas de la utilización de estas herramientas en la docencia son las siguientes:

- Permiten presentar en una pantalla todo tipo de elementos textuales y audiovisuales con los que se refuerzan las explicaciones.
- Las imágenes, esquemas y demás elementos visuales atraen la atención de los estudiantes y aumentan su motivación.
- El profesor puede mantenerse de cara a los estudiantes durante sus exposiciones
- Ayudan al profesor actuando como recordatorio de los principales temas que debe tratar.
- Son adaptables a cualquier tema y nivel educativo.

No obstante es necesario tener en cuenta que también pueden generar aspectos negativos (Cabero, 1998) como son la pasividad del alumno, o la poca atención a la diversidad. Por ello se han combinado estas herramientas con el trabajo colaborativo (en la segunda parte de la sesión) que complementa los posibles inconvenientes de estas herramientas.

Una segunda parte en la que los alumnos trabajaban en grupo con la base de orientación, supervisados por el docente. En función del ritmo del grupo, está pensado para que coincidan en un mismo periodo lectivo ambas metodologías, pero no siempre será así, es necesario regularlo según las circunstancias.

Para la realización del trabajo en grupo es necesaria la reestructuración del aula, los alumnos deben sentarse en grupos (en este caso de 4 componentes). Algo a tener en cuenta a la hora de implantar la propuesta porque no en todas las aulas es posible realizar esta configuración.

Los estudiantes también han de trabajar individualmente algunas de las cuestiones propuestas en la base de orientación (actividad 4). Dicho trabajo debe quedar reflejado en el cuaderno del alumno, que se utiliza como instrumento de evaluación. Esta parte de la propuesta se recomienda que la realicen los alumnos como tarea para casa.

Secuenciación, diseño y justificación de las actividades

Secuenciación de las actividades

Para realizar la secuenciación de actividades me he basado entre otros en Pujolas (2001)

- Al inicio de una unidad didáctica (actividad 1):
 - La evaluación inicial y la activación de las ideas previas
 - La comunicación de los objetivos
- Durante una unidad didáctica(actividades 2 y 3) :
 - La cooperación entre los alumnos
 - Las guías de trabajo o bases de orientación
 - Actividades de introducción de nuevos conceptos.
 - Actividades de autoevaluación, evaluación mutua y coevaluación
- Al final de una unidad didáctica(actividad 3 y evaluaciones):
 - Actividades de recapitulación y síntesis

A continuación, se presenta en la tabla 2, la secuenciación de las actividades propuestas; relacionando el desarrollo de las sesiones, y las actividades previstas para cada una de ellas. La propuesta está ideada para realizarse en 10 sesiones de 50 minutos, si bien es cierto que esto es orientativo y deberá adaptarse a cada caso concreto.

Tabla 2. Secuenciación de actividades, sesiones y desarrollo de las mismas.

SESIONES	DESARROLLO PREVISTO	ACTIVIDADES
Sesión 1	<ul style="list-style-type: none"> - Presentación de la propuesta didáctica y desarrollo de las sesiones - Evaluación inicial - Cuestionario KPSI 	<ul style="list-style-type: none"> - Actividad 1: <u>Evaluación inicial y Cuestionario KPSI</u>
Sesión 2	<ul style="list-style-type: none"> - Resultados del cuestionario inicial - Explicación teórica sobre estructura y composición de los nucleótidos - Entrega base de orientación, y material para la realización de la maqueta explicación y formación grupos - Búsqueda de información sobre científicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Actividad 2: <u>Búsqueda de información sobre científicos que han revolucionado la genética.</u> - Actividades 3 y 4: - <u>Base de orientación:</u> <ul style="list-style-type: none"> o Tabla inicial de correlación con el modelo. o Tarea 1. Construir un modelo de nucleótido.
Sesión 3	<ul style="list-style-type: none"> - Construir nucleótidos - Explicación teórica sobre estructura y composición de los ácidos nucleicos: ADN 	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades 3 y 4: <ul style="list-style-type: none"> o Tarea 1. Construir un modelo de nucleótido.
Sesión 4	<ul style="list-style-type: none"> - Explicación teórica sobre estructura y composición ARN - Construcción doble hélice ADN y del ARN. 	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades 3 y 4: <ul style="list-style-type: none"> o Tarea 2. Construir un modelo de ADN y ARN.
Sesión 5	<ul style="list-style-type: none"> - Explicación teórica Replicación ADN - Realizar la replicación de la hebra de ADN que han construido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades 3 y 4: <ul style="list-style-type: none"> o Tarea 3. Replicación del ADN.
Sesión 6	<ul style="list-style-type: none"> - Transcripción 	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades 3 y 4: <ul style="list-style-type: none"> o Tarea 4. Transcripción.
Sesión 7	<ul style="list-style-type: none"> - Traducción 	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades 3 y 4 : <ul style="list-style-type: none"> o Tarea 5. Traducción
Sesión 8	<ul style="list-style-type: none"> - Código Genético y problemas 	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades 3 y 4: <ul style="list-style-type: none"> o Tarea 6. Código Genético
Sesión 9	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición de trabajos y corrección de los mismos. Feed Back. - Coevaluación y autoevaluación del trabajo en grupo - Cuestionario evaluación trabajo en grupo con modelos 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación de la actividad 3: <ul style="list-style-type: none"> o Coevaluación y autoevaluación del trabajo en grupo o Cuestionario de evaluación trabajo en grupo con modelos.
Sesión 10	<ul style="list-style-type: none"> - Prueba escrita - Corrección por parte de los alumnos del Cuestionario inicial y KPSI. 	<ul style="list-style-type: none"> - Actividad 5: Prueba escrita - Cuestionario inicial y KPSI corrección por parte de los alumnos.

Diseño y justificación de las actividades

En base a ello, detallo a continuación las actividades de la propuesta didáctica:

1. Evaluación inicial y cuestionario KPSI

Los nuevos conocimientos se construyen sobre unas determinadas ideas previas, que los alumnos tienen sobre los contenidos que vamos a trabajar en clase (Pujolas, 2001) Por este motivo es importante una evaluación inicial, para conocer las ideas previas de

los alumnos relacionadas con los contenidos que se trabajarán en cada unidad didáctica.

Esta evaluación no es estrictamente necesario que se realice mediante una prueba, pero en este caso he considerado oportuno realizarla mediante un cuestionario inicial (ver figura 1 del apartado 2) para poder analizar los resultados y conocer qué saben los alumnos en relación a algunos de los contenidos que vamos a trabajar. Para ello me he basado en bibliografía sobre ideas previas de genética molecular.

Junto con todo lo anterior, en la realización de la evaluación inicial, se consideró oportuno incluir dos preguntas de opinión personal y motivación acerca de la genética molecular, las preferencias y el interés de los alumnos sobre la misma, y la utilidad de los conocimientos sobre el tema.

He utilizado un informe personal o cuestionario KPSI, (ver figura 3 del apartado 2), para realizar una evaluación inicial en relación a los contenidos de la propuesta didáctica.

Tanto la evaluación inicial como el cuestionario KPSI tienen un valor informativo, los alumnos las realizan en la primera sesión. Al final de la propuesta didáctica, los alumnos han realizado el mismo KPSI, para que valoren el progreso que han realizado. Según los resultados del cuestionario KPSI, la mayoría de los alumnos, bajo su perspectiva tienen mayor grado de conocimiento o dominio de los contenidos tras la realización de la propuesta didáctica en la mayoría de los apartados. En algunos alumnos no se ha podido realizar la comparación entre el primer y último día, ya que habían ido de visita con otra asignatura y no asistieron a clase. Como ejemplo, me sorprendió inicialmente que solamente 2 alumnas y 1 alumno tuvieran conocimiento previo sobre qué es el ARN, siendo una de ellas repetidora de curso, y la otra afirmando en la cuestión siguiente que no lo conocía. Respecto al resultado final, todos los alumnos lo conocen.

En la tabla 3 se relacionan las ideas previas basadas en la bibliografía con las preguntas del cuestionario inicial, se presentan ejemplos de algunas respuestas de los alumnos, y el resumen de los resultados. El cuestionario lo realizaron 15 de los 16 alumnos que formaban parte del grupo, ya que una alumna no asistió a la sesión.

Tabla 3. Ideas previas bibliografía, cuestionario inicial y respuestas alumnos.

Ideas Previas	Preguntas	Ejemplos respuestas (N=15)	Resumen respuestas
Pueden definir conceptos genéticos entre sí, pero tiene dificultades para relacionarlos (Gericke, 2009)	¿Qué es un gen?	“Son caracteres que se heredan como por ejemplo el color de pelo...” “Hay muchos genes y cada uno es un carácter hereditario que se transmite por la herencia”	3 no contestan, 7 lo identifican con fragmento de ADN (la mitad). La mayoría incluye la palabra herencia, información hereditaria...
	¿De qué están constituidos los genes?	“De Material genético” “Los genes están compuestos por material e información genética de cada especie e individuo” “De diferentes caracteres para cada persona”	4 no contestan. 4 de ADN, 2 proteínas y material genético, moléculas, cromosomas, 2 información genética/material genético.
	¿Qué moléculas forman los genes?	“En las moléculas transgénicas” “proteínas” “los alelos”	11 no contestan, 1 respuesta correcta. Es curioso, ya que relacionado con la pregunta anterior han contestado correctamente ADN 4 personas, y no coinciden con el alumno que ha contestado correctamente. Es la misma respuesta pero entiendo que no asocian que el ADN es una molécula.
	¿Qué significan las siglas ADN y ARN?	“Ácido dioxirribonucleico”	Un alumno ha contestado ARN, 3 no han contestado y del resto han escrito correctamente ADN 5.
Problemas en la localización del gen (Martínez et al 2005)	¿Dónde se encuentran los genes?	“En todas las células de nuestro cuerpo”	3 en el ADN, 4 en los cromosomas, 2 en las células, en el organismo, 5 en el núcleo de las células.
No hay relación entre conceptos: gen-ADN, gen-alelo (Stewart, 1982)	¿Qué relación existe entre gen y ADN?	“Los genes son los caracteres que forman cada uno de los individuos, y el ADN son las estructuras químicas que lo forman.” “El gen es parte del ADN”	7 gen formado por ADN (uno añade proteínas),
Conceptos de gen y alelo (Martínez et al 2005)	¿Los términos gen y alelo son equivalentes? Explícalo	“Sí, un gen se puede dividir en alelos, por ejemplo, del gen color del pelo hay alelos como negro, marrón, rubio...” “No, porque el tipo de gen es el carácter, y los alelos son las distintas variedades que podemos encontrar para ese carácter”.	Dos responden sí, y uno no contesta, la mayoría ponen ejemplos del color de ojos o de pelo.
Células distintas _ ADN diferentes (Ayuso y Banet, 2002)	-¿Todas las células de un individuo tienen los mismos genes? -¿y de dos individuos distintos de la misma especie?	“No, cada especie tiene un número determinado de genes. Los de la misma especie tienen los mismos, excepto anomalías.” “No, tampoco”.	- 6 alumnos sí, 7 no, y uno depende. - 2 alumnos Sí.
Las mutaciones son dañinas, negativas (Cho et al. 1985)	¿Todas las mutaciones son dañinas? ¿Por qué?	“Sí, porque cualquier alteración puede trastocar todo el organismo” “La gran mayoría, pero a veces al añadir un gen se puede mejorar el ser.”	4 alumnos han contestado sí.
Dificultades para relacionar estructuras con el nivel sistemático correcto (Gericke, 2009)	Niveles de organización biológicos: Organiza los siguientes términos en función de su complejidad y pon un ejemplo de cada uno de ellos.	“Individuos, aparatos y sistemas, órganos, orgánulos, tejidos, átomos, partículas subatómicas, células, moléculas y macromoléculas”.	Ver comentario inferior a la tabla.

Los resultados obtenidos se ajustan bastante a las ideas previas revisadas en la literatura. Respecto a la dificultad de relacionar los distintos conceptos (Gericke, 2009), los alumnos definen qué es el ADN, qué es un gen, pero pocos de ellos relacionan los genes con el ADN y cuando se les pregunta de qué están compuestos los genes 11 no responden, y sólo uno lo hace correctamente. La mayoría define el concepto de gen relacionado con la herencia, o la información genética, y siete de ellos como un fragmento de ADN. Al preguntarles de qué están constituidos los genes, únicamente cuatro citan el ADN. Al introducir el término molécula en la pregunta, once alumnos no responden, y únicamente uno lo hace correctamente. Curiosamente, este alumno no se corresponde con los que han contestado correctamente a la pregunta anterior. Por tanto, se puede deducir que no asocian que el ADN es una molécula.

En la definición de ADN y ARN, la mayoría saben lo que significan las siglas ADN, pero algún alumno tiene dificultades al escribirlo. Respecto al ARN, únicamente uno conoce su significado.

En cuanto a la localización del ADN, me sorprendió que únicamente cinco alumnos lo localizaran en el núcleo de la célula, algo que respalda el trabajo de Martínez et al (2005).

En la pregunta que se les pide organizar los términos según su complejidad biológica, algunos alumnos dudan, sobre todo al llegar a nivel celular e inferiores. Tienen más clara la clasificación a nivel macro (aparatos, sistemas, órganos) que a nivel micro (células, orgánulos, macromoléculas, moléculas...). Además les cuesta mucho poner ejemplos.

Tras estos dos últimos resultados, consideré comenzar la unidad haciendo hincapié en la localización del ADN en el núcleo celular, el nivel biológico en el que nos estábamos moviendo (nivel molecular), y su relación con los cromosomas, la cromatina y los genes que habían estudiado en la primera parte del tema.

Respecto a las mutaciones, cuatro alumnos tienen la idea de que siempre son negativas. La mayoría de los alumnos afirma que todas las células de un individuo no tienen los mismos genes. Esta afirmación también ha sido señalada por Ayuso y Banet (2002). Este tema se trató durante la síntesis de proteínas con ejemplos concretos.

2. Tarea de búsqueda de información sobre científicos que han revolucionado la genética

Individualmente los alumnos deben realizar un pequeño trabajo de búsqueda de información sobre científicos que han sido relevantes en el área de genética. Para ello se les entrega un guión “Búsqueda de información sobre científicos que han revolucionado la genética” (ver anexo I) con una serie de preguntas que deben responder.

Los alumnos pueden elegir entre varias opciones: Rosalind Franklin, Watson y Crick, Severo Ochoa y López Otín. Una de las preguntas hace referencia a la fiabilidad de las

fuentes consultadas en la búsqueda de información. Está relacionado con la competencia 4 del currículo (DECD, 2007). En el Anexo I competencias básicas: “Tratamiento de la información y competencia digital. Esta competencia consiste en disponer de habilidades para buscar, obtener, procesar y comunicar información y para transformarla en conocimiento... En síntesis, el tratamiento de la información y la competencia digital implican(...) también tener una actitud crítica y reflexiva en la valoración de la información disponible, contrastándola cuando es necesario, y respetar las normas de conducta acordadas socialmente para regular el uso de la información y sus fuentes en los distintos soportes.”

En la elección he tenido en cuenta la relevancia de sus investigaciones, pero también la diversidad. La inclusión de Rosalind Franklin no es por azar, he querido hacer visible el papel de la mujer en la ciencia. Tal y como afirma Sanmartí (2000) considero muy importante tener en cuenta la diversidad de género. En el diseño de actividades, es necesario considerar el recuerdo de las mujeres que han investigado a lo largo de la historia de la ciencia.

En el libro de texto de los alumnos (como en la mayoría), aparecen únicamente Watson y Crick como descubridores de la estructura de la doble hélice, sin mencionar a Rosalind Franklin y su fotografía nº 51. También he incluido dos españoles; un premio Nobel, y un científico actual, y aragonés, que se ha formado en la Universidad de Zaragoza, queriendo añadir un punto de motivación y cercanía a la imagen que tradicionalmente se tiene de los científicos.

Para evaluar el producto de esta actividad he utilizado una rúbrica (ver anexo II), que he construido a partir de la lectura del artículo *Trabajos escritos, corrección y evaluación* (Morales, 2011). Por medio de la rúbrica se evalúan aspectos tanto de forma como de fondo tales como la calidad de la información, la presentación del trabajo, las fuentes de información y la justificación de dichas fuentes. Pese a abordar qué se consideraba una fuente fiable, y qué no, como Wikipedia, la mayoría de los alumnos la utilizaron, y algunos en su justificación utilizaron argumentos como: “he utilizado wikipedia, que a pesar de no ser una fuente fiable, es la que siempre uso”. Algunos de ellos ni siquiera citaron las fuentes, a pesar de ser solicitado explícitamente en las preguntas del trabajo. Una vez que los alumnos entregaron los trabajos, durante las explicaciones expositivas, cuando se trataban los temas relacionados con los científicos, se les solicitaba a los alumnos que comentaran a sus compañeros algo de su trabajo. En una de las últimas sesiones, y tras detectar que la mayoría de los alumnos no estaban acostumbrados a utilizar fuentes distintas a Wikipedia, les mostré como en una simple búsqueda realizada para Severo Ochoa se encontraban fuentes mucho más fiables que las que ellos habían puesto, y el porqué de su fiabilidad. Deduzco por sus respuestas que pocas veces antes les habían cuestionado las fuentes de información de un trabajo, y opino que si se realizara habitualmente algo tan sencillo como esto, los alumnos mejorarían mucho en esta competencia.

3. Modelización de la doble hélice de ADN

La opción de realizar un trabajo en grupo, tiene sus ventajas y sus inconvenientes. Está basado en el aprendizaje cooperativo, que supone utiliza el trabajo en equipo de los alumnos para aprovechar al máximo la interacción entre ellos con el fin de maximizar

el aprendizaje de todos. El aula se organiza durante toda o parte de la jornada en grupos de base heterogéneos, pero homogéneos entre sí. Estos grupos son definidos por el docente cuando ya conoce bien a los alumnos.

El aprendizaje cooperativo puede ser utilizado como una estrategia metodológica para la atención a la diversidad. Según Pujolás (2008) supone la creación de grupos y la distribución de tareas combinando tarea individual colectiva; el grupo no alcanza los objetivos hasta que no los alcanzan todos (interdependencia positiva); y es un método adecuado para atender la diversidad y favorecer la inclusión. Además puede ser considerado como una metodología organizativa, que mejora la aceptación mutua de los alumnos, el rendimiento escolar de los grupos heterogéneos, mejora la autoestima en los alumnos con n.e.e, y la valoración de estos últimos por el grupo. En palabras de Slavin (1985), el aprendizaje cooperativo persigue una doble finalidad “cooperar para aprender, y aprender a cooperar”.

En base a todo ello, el trabajo en grupo consta de las siguientes partes:

- a. Construcción modelo estructura ADN.
- b. Realización mural: dibujo de cada paso y explicación utilizando un lenguaje científico.
- c. Contestar a las cuestiones que se proponen.

Para la realización del trabajo realicé una base de orientación. Según Jorba et al., (1992) citado en Pujolás (2001), p.169: “Las bases de orientación permiten a los alumnos saber los pasos que han de hacer, el procedimiento que han de seguir para responder una cuestión o realizar un problema”.

En esta actividad se les hace entrega a los alumnos de una base de orientación: “Guion maqueta genética”(anexo III), tras la explicación de los contenidos correspondientes en clase. En dicho guion aparece explicado con detalle qué es lo que deben realizar los alumnos en grupo, y las cuestiones y ejercicios que deben realizar individualmente en su cuaderno.

El guión está dividido en 6 tareas, relacionadas con los principales contenidos de la unidad. Tras la explicación teórica por medio de diversos recursos (principalmente power point, complementado con dibujos y proyección de un vídeo), se entrega a los alumnos la tarea correspondiente para que trabajen en ella.

La tarea de la construcción del modelo comprende varias actividades (no todas las tareas contienen todas las actividades):

- Procedimiento para la construcción de un modelo (con un guión detallado paso a paso qué es lo que deben hacer).
- Realización de un dibujo o esquema en el mural
- Cuestiones sobre la tarea

Las tareas son:

- TAREA 1: CONSTRUIR UN MODELO DE NUCLEÓTIDO
- TAREA 2: CONSTRUIR UN MODELO DE ADN Y ARN

- TAREA 3: REPLICACIÓN DEL ADN
- TAREA 4: TRANSCRIPCIÓN
- TAREA 5: TRADUCCIÓN
- TAREA 6: CÓDIGO GENÉTICO

En la parte expositiva como recursos, se ha utilizado un power point, al que además de texto, esquemas e imágenes he añadido un mapa conceptual como resumen de una de las partes de los contenidos. Se ha elegido el mapa conceptual como herramienta didáctica, basándome entre otros en el artículo sobre la teoría subyacente a los mapas conceptuales, (Cañas y Novak, 2006), en el que afirman lo siguiente: *“Los mapas conceptuales pueden ser enormemente útiles en el planeamiento curricular. Ellos presentan de una forma sumamente concisa los conceptos y principios claves a ser enseñados. (...) Podemos construir mapas específicos para mostrar la estructura de conocimiento de un segmento muy específico de la unidad didáctica”*. Por tanto, (como puede verse en el ppt), lo utilicé como síntesis de una parte de la teoría.

Evaluación de la actividad tres: construcción de un modelo de ADN

Según González (2004), la participación de los alumnos en su evaluación, mediante la autoevaluación y evaluación mutua, posibilita que estos se responsabilicen de su propio aprendizaje, tomen decisiones para mejorar su proceso de aprendizaje y conozcan las claves que posibilitan que el aprendizaje sea exitoso.

Para lograr que los alumnos se apropien los criterios de valoración se ha constatado la efectividad de las siguientes actividades de autoevaluación, evaluación mutua y coevaluación:

- Actividades de autoevaluación: evaluación por parte de los alumnos de sus propias producciones.
- Actividades de evaluación mutua: Evaluación por un alumno o grupo de alumnos de las producciones de otro alumno o grupo.
- Actividades de coevaluación: Evaluación de la producción de un estudiante por él mismo y por el profesor o profesora. (Pujolas, 2001)

Teniendo en cuenta lo anterior, para evaluar esta parte de la propuesta didáctica he utilizado diversas herramientas de evaluación:

- Evaluación del producto del trabajo en grupo (maqueta, mural y cuestiones): Rúbrica (anexo V).
- Coevaluación y autoevaluación del trabajo en grupo y construcción del modelo: Cuestionario (cuestionario anexo VI).
- Evaluación del proceso por parte de los alumnos, tanto de su trabajo como de la propuesta didáctica: Cuestionario de evaluación del trabajo en grupo con modelos (anexo VII).

Para la realización de dichos cuestionarios me he basado en diversos artículos y páginas web, entre ellos varios artículos de Morales (2011, 2013); de Bournier y Hudes (2001); en la página Web de la Universidad Pontificia de Comillas, y en el Blog del IES LLanes.

Teniendo en cuenta la importancia del feed back como estrategia de enseñanza-aprendizaje, basándome en Morales (2011) ofrecí a los alumnos la posibilidad de revisar los trabajos una vez corregidos, ya que creo que es una parte muy importante de la evaluación formativa.

De todas las evaluaciones realizadas, considero relevante mostrar los resultados que evalúan el proceso de construcción del modelo por parte de los alumnos, y su utilidad para el aprendizaje.

El cuestionario se compone de dos partes, una primera de preguntas cerradas en la que los alumnos muestran el grado de acuerdo o desacuerdo respecto a diversos ítems; y una segunda de respuestas abiertas en las que los alumnos explican qué es lo que les ha gustado y lo que no de la construcción de la maqueta, si han aprendido más realizándola que si no la hubieran hecho y porqué, y si elegirían este método de trabajo para otros temas.

Los resultados de la primera parte, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4. Resumen resultados cuestionario de evaluación del trabajo en grupo con modelos.

	Nada 1	Poco 2	Algo 3	Bastante 4	Mucho 5
¿Te ha resultado difícil realizar la construcción de la maqueta?	4	4	2		
¿Te ha resultado útil la maqueta para comprender los contenidos del tema?				8	3
¿Te ha resultado útil el guión escrito para realizar el trabajo?			3	7	1
¿Te ha ayudado trabajar en equipo a comprender mejor el contenido?			3	5	3
¿Te sientes satisfecho con el trabajo realizado?			1	5	5
¿Te ha gustado más esta forma de trabajo que las clases convencionales?			4	4	3

A casi todos los alumnos (8/11) les ha resultado poco o nada difícil realizar la maqueta. Únicamente a dos de ellos les ha resultado algo difícil (hubo un alumno que no contestó a la pregunta). Por tanto la dificultad de la misma estaba ajustada a su nivel.

A todos ellos les ha resultado bastante o muy útil la realización de la maqueta para comprender los contenidos. Esto se corresponde con la pregunta formulada posteriormente. A ocho de ellos les ha resultado bastante útil, y a dos de ellos muy útil. Era uno de los principales objetivos de la construcción del modelo, que les sirviera para entender los contenidos, ya que son bastante abstractos.

Respecto al guión escrito, ha sido bastante útil para siete alumnos, muy útil para uno y algo útil para tres. Mi opinión al respecto es que alguno de los que ha contestado algo útil es que no le ha prestado mucha atención, me baso en las observaciones en el aula.

Respecto al trabajo en equipo, a tres alumnos les ha ayudado algo, a tres mucho y a cinco bastante. Los tres alumnos a los que les ha ayudado algo pertenecen al mismo grupo, y tuvieron problemas durante la realización de la actividad.

Diez de los once alumnos se sienten bastante o muy satisfechos del trabajo realizado. El único alumno que se siente algo satisfecho, queda reflejado en la valoración que hacen de él dos de sus compañeros de grupo con un 0. Por tanto su respuesta es sincera y coherente.

Respecto a su valoración en general sobre la metodología de trabajo en comparación a las clases convencionales, ha gustado algo más a cuatro de ellos, bastante a otros cuatro y mucho a tres.

En general, podemos afirmar que a los alumnos no sólo les ha resultado fácil construir el modelo, sino que a todos ellos les ha resultado muy útil su construcción para comprender los contenidos del tema. Respecto al guión entregado para la realización del modelo, y al trabajo en grupo, más del 70 por ciento de los alumnos afirman que les ha sido bastante o muy útil. Por último queda reflejado que todos los alumnos prefieren esta metodología de trabajo a la convencional (en mayor o menor medida).

A continuación se presentan algunas de las cuestiones abiertas realizadas en dicha evaluación junto con algunas de las respuestas más relevantes de los alumnos y el correspondiente comentario a los resultados:

-¿Qué es lo que más te ha gustado y lo que menos de la construcción de la maqueta?

Lo que más el trabajo en grupo, lo que menos las discusiones entre grupo

Lo que más la creación de los nucleótidos, lo que menos la unión de las bases nitrogenadas.

Lo que más me ha gustado ha sido el construirla y el aplicar las cosas interesantes que hemos aprendido. Lo que menos puede que haya sido la organización que hemos tenido al construirla.

Lo que más que me ha ayudado a comprender.

Que se entendía bastante bien por los colores.

Lo que más que las clases se hacen más amenas.

En general, lo que más les ha gustado ha sido realizar la estructura de la doble hélice y los nucleótidos. Destacaría que algunas alumnas han expresado claramente que al construir la maqueta han podido aplicar el conocimiento adquirido y que les ha ayudado a comprender el tema. También hacen referencia a la visualización de la maqueta, y a su facilidad de comprensión mediante la utilización de colores distintos

para cada base nitrogenada y cada elemento de la estructura del ADN (las bolas de poliespán rojas representaban el fosfato, y las de poliespán blancas la desoxirribosa). Esta afirmación corrobora que la realización del modelo les ha servido para visualizar un concepto abstracto tal y como afirma Justi (2006), siendo esta una de las utilidades de los modelos. También afirman que las sesiones les han resultado más amenas, por lo que podríamos considerar que esta forma de trabajo aumenta su motivación frente al contenido a estudiar.

El trabajo en grupo es lo que ha sido peor valorado por los estudiantes tanto en la coevaluación como en la autoevaluación de la construcción del modelo (ver anexo VI); en dos de ellos han surgido conflictos que han sido resueltos, ya que finalmente todos han entregado los trabajos.

-¿Crees que has aprendido algo que no hubieras aprendido si no hubieras hecho la maqueta? ¿El qué?

En caso de que la respuesta anterior sea afirmativa, explica con tus palabras ¿a qué crees que es debido?

Puede que sí, pienso que me ha quedado mucho más clara la estructura de las cadenas de ADN, que son complementarias./ El poder ver visualmente la maqueta.

Sí, a comprender la relación de todos los elementos del ADN./A poder ver y crear las partes del ADN

Si no hubiera hecho la maqueta no hubiera entendido nada./Me ha servido para los nombres también.

Hemos aprendido mejor la forma del ADN./A que el trabajo en equipo es más productivo.

Los alumnos de una forma u otra expresan que han aprendido cosas haciendo la maqueta que de otra forma no hubieran aprendido. Muchos afirman que es debido a que la han tenido que construir, estas afirmaciones se relacionan directamente con Grosslight (1991) respecto a la utilidad de la construcción del modelo por parte de los alumnos. Alguno incluso afirma que no hubiera entendido nada, y que le ha ayudado a memorizar los nombres.

Otros consideran que les ha servido para poder visualizar las partes del ADN, y para comprender la relación entre todos los elementos de la molécula, así como su estructura. Esto es coherente con las afirmaciones de Morrison y Morgan (1999) respecto a la utilidad de los modelos como instrumentos mediadores entre la realidad y la teoría comentadas en la justificación.

-¿Elegirías este método de trabajo para otros temas? ¿Por qué?

Sí porque me ha ayudado a aprender más.

Sí, porque ameniza las clases y la rutina y a mí me sirve para ver de forma gráfica, igual que el laboratorio.

Sí, porque te ayuda a entenderlo mejor, aunque se pierda un poco el tiempo.

Puede ser que sí, ya que termina siendo más claro y más ameno.

La mayoría de los alumnos están satisfechos con la metodología que se ha realizado en clase ya que el 100% de los alumnos elegirían este método de trabajo para otros temas, aunque algún alumno matiza que depende del tema.

Los argumentos principales son que el método les ha ayudado a comprender mejor el tema y a aprender más que las clases convencionales, lo cual era uno de los principales objetivos de la propuesta. Además, añaden que les ha servido visualizar gráficamente el modelo para comprenderlo mejor (corroborando las respuestas a la pregunta anterior), y que es una motivación ya que confiere amenidad a las clases y les ayuda a romper con la rutina.

Por último me gustaría comentar, que la mayoría de estos resultados han podido ser observados durante el proceso de realización del modelo, viendo qué pasos realizaban los alumnos, qué dificultades tenían en la realización del mismo y cómo las solucionaban con ayuda de los compañeros o de los docentes.

4. Trabajo individual del alumno. Guión de trabajo

En el guion de trabajo o base de orientación, hay un apartado dentro de cada tarea, en el que el alumno debe resolver una serie de cuestiones y/o ejercicios de manera individual (anexo III). Dicho trabajo debe quedar recogido en su cuaderno personal, y será evaluado individualmente. Hay una serie de ejercicios obligatorios y otros de ampliación (u optativos). La diferencia entre ambos no se basa en su grado de complejidad, sino en su obligatoriedad u optatividad de realización. Para la realización y selección de dichos ejercicios y cuestiones, me he basado en los libros de texto mencionados con anterioridad, y en la página web del instituto IES SUEL que utiliza el mismo libro de texto y tiene unos materiales muy buenos (Actividades de ordenador genética molecular IES Suel).

Evaluación de la actividad

La evaluación del trabajo individual del alumno en el cuaderno se realiza solicitando la entrega del mismo a los alumnos, y evaluándolo mediante una rúbrica.

5. Realización de una prueba escrita

Se diseñó una prueba escrita (anexo VIII) incluyendo diferentes tipos de cuestiones, todas ellas trabajadas durante la propuesta en las diferentes actividades. Tras la imposibilidad temporal de realizar la prueba escrita durante mi estancia en el centro por motivos de calendario, la tutora me ofreció la posibilidad de dejar preparada la prueba para que la realizaran los alumnos y de ver los resultados de la misma posteriormente. Adjunto la prueba (anexo VIII).

Me gustaría comentar la elaboración y los resultados de dicha prueba. Respecto a la elaboración de la prueba, y su dificultad, en mi opinión (y en opinión de mi tutora) era

bastante asequible, y estaba completamente relacionada con lo trabajado en clase. Uno de los alumnos que mejores resultados obtiene, lo admitió en la realización de la misma.

Se incluyeron dos ejercicios iguales a los ejercicios que podían hacer voluntariamente, con el objetivo de premiar el trabajo realizado por los alumnos. Uno de ellos fue corregido en una de las sesiones. Se optó por diversos formatos de preguntas, cerradas, abiertas, definiciones, dibujos, unir con flechas y completar huecos en un texto.

Uno de los ejercicios (9) en el que tenían que usar el código genético para conocer qué aminoácidos eran los resultantes a partir la secuencia de bases del ADN dado, se realizó uno similar en una sesión, utilizando la tabla del código genético. En el examen, la profesora proyectó la tabla en la pizarra.

Respecto a las dificultades que encontraron los alumnos, y las posibles mejoras en la prueba escrita, en la pregunta 5, a la pregunta ¿Cuántos codones hay?, los alumnos han contestado en general, (64) pero la pregunta se refería a cuantos codones hay en esa secuencia en concreto. Por tanto una mejora sería afinar en la redacción de la pregunta.

Resultados a destacar por preguntas:

Respecto a los resultados, los alumnos contestaron muy bien a la pregunta relacionada con la replicación (3). Y también a la pregunta de la estructura del ADN (1) que fue la que más se trabajó con la maqueta. Respecto a los dibujos, me gustaría comentar un hecho que puede suceder cuando se utilizan modelos. Una de las alumnas (A12), realizó el dibujo de la maqueta, cuando dibujaba un nucleótido, dos bolas con un palo, tal y como lo realizó con la maqueta.

En la pregunta 2, pese a ser similar a una de las cuestiones que tenían que realizar en el guión, la mayoría de los alumnos no diferencian entre estructura y composición química.

En la pregunta del código genético (8), las definiciones son varias, sí que conocen las características, y las explican, entendiendo que es universal (un concepto que trabajamos con el guión, al pedirles que identificaran la maqueta que iban a construir con el ADN de un organismo), pero no acaban de comprender que significa que es degenerado. Respecto a la pregunta 9, pocos alumnos utilizan correctamente la tabla del código genético, a pesar de haberlo hecho en clase.

4. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

Conclusiones

El objetivo general de este trabajo consistía en diseñar una propuesta que promueva la construcción y uso de un modelo de la doble hélice de ADN para comprender la composición y estructura de los ácidos nucleicos. Según los resultados obtenidos se puede concluir que:

En primer lugar, respecto a la construcción del modelo y basándonos en las respuestas de los alumnos al cuestionario de evaluación del trabajo en grupo, podemos concluir que la construcción de la maqueta les ha resultado útil a los alumnos para comprender los contenidos del tema, ya que el 100 % de los alumnos realizó esta afirmación. Esta conclusión queda refrendada en el análisis de los resultados de la prueba escrita, en la que las preguntas referentes a la composición y estructura de los ácidos nucleicos, han sido respondidas correctamente por la mayoría de los alumnos. Este resultado nos lleva a considerar que no sólo los alumnos perciben que la construcción del modelo les ha ayudado a comprender los contenidos, sino que realmente es un hecho.

Centrándonos en la construcción del modelo, y atendiendo a los resultados; la visualización de la estructura y composición del ADN, así como del proceso de replicación, el hecho de construir el modelo, y explicar su elaboración paso a paso en el mural que tenían que presentar junto a éste, les ha ayudado a comprender los contenidos referentes a la estructura, composición y al proceso de replicación, tal y como queda reflejado explícitamente en las respuestas tanto del cuestionario de evaluación (*"pienso que me ha quedado mucho más clara la estructura de las cadenas de ADN, que son complementarias, El poder ver visualmente la maqueta; a comprender la relación de todos los elementos del ADN; a poder ver y crear las partes del ADN; no me hubiera enterado tanto escribiéndolo como haciendo la maqueta."*), como de la prueba escrita, en la que la pregunta relacionada con la replicación también ha sido superada por la mayoría de los alumnos.

Ambas conclusiones se relacionan directamente con la afirmación de Grosslight et al. (1991) que para que los alumnos aprendan sobre los modelos, deben construirlos, y reflexionar sobre su naturaleza, no sólo utilizarlos. Respecto a la utilidad de los modelos en el aprendizaje de las ciencias, tal como afirman Justi (2006) y Morrison y Morgan (1999) estas simplificaciones de fenómenos complejos han ayudado a visualizar entidades abstractas y han servido como mediadores entre la realidad y la teoría.

En segundo lugar, el otorgar un papel más activo a los alumnos en la construcción de su propio aprendizaje consideramos que ha contribuido a mejorar su proceso de aprendizaje ya que los alumnos prefieren esta metodología a la metodología tradicional, tal y como queda reflejado en el cuestionario. En éste todos los alumnos han elegido esta metodología de trabajo frente a la tradicional, argumentando que les ha ayudado aprender más, a entenderlo mejor, y que termina por ser un método más claro y más ameno, ya que ameniza las clases y les sirve para tener una visión gráfica de los contenidos.

Respecto a la evaluación, la utilización de diversas herramientas de evaluación como el cuestionario inicial, el cuestionario KPSI, la observación del proceso, cuestionarios de evaluación, autoevaluación y prueba escrita; nos han permitido evaluar tanto el proceso como el producto del aprendizaje y nos han dado la opción de hacer hincapié en aquellos aspectos en los que los alumnos presentan mayores dificultades como la relación entre gen y ADN, o la localización del ADN en el núcleo celular.

Por último, haciendo referencia a la utilización de metodologías distintas a las que los alumnos están acostumbrados, como por ejemplo el trabajo colaborativo, o la solicitud de justificación de las fuentes en un trabajo de búsqueda de información; podemos concluir que los alumnos presentan dificultades tanto de organización como para llevar a cabo las tareas propuestas, ya que no suelen trabajar de esa forma a pesar de ser solicitado explícitamente y haberles proporcionado las herramientas para ello. Esta conclusión se ratifica con los resultados del cuestionario de coevaluación y autoevaluación del trabajo en grupo y construcción del modelo; y con los resultados de la tarea de búsqueda de información sobre científicos que revelan las dificultades de los alumnos en ambas actividades. Por tanto consideramos que una mayor implementación en el aula de este tipo de metodologías puede ser positiva en la mejora del proceso de enseñanza aprendizaje.

Dado que en la propuesta se han utilizado metodologías en las que el alumno tiene un papel más pasivo (en la parte expositiva de los contenidos), y metodologías en las que tiene un papel más activo (construcción del modelo), podemos concluir, que los alumnos trabajan más y mejor cuando adoptan un papel más activo basándonos en lo observado durante las sesiones, en los resultados, y en lo comentado tanto en los resultados de las evaluaciones como en este apartado.

Propuestas de mejora

En este apartado se abordan en primer lugar las numerosas adaptaciones de la propuesta que se han realizado durante la fase de diseño, y en segundo se discuten propuestas de mejora que se deberían realizar para próximas implementaciones de esta propuesta.

El proceso previo de adaptación del modelo a las necesidades del aula, fue más costoso de lo que había imaginado en un principio. Comenzando por la búsqueda de los materiales, la realización previa de la maqueta (en la que pude ser consciente de algunas de las dificultades relacionadas con la construcción de la misma, y solventarlas), y la intención firme de evitar que se produjera un deslizamiento cognitivo en la construcción de la misma, y esta se limitara a una simple manualidad.

En segundo lugar, y durante la implantación en el centro, una de las principales dificultades fue la prolongación en el tiempo de la propuesta. Comencé con la primera sesión de la misma el 20 de marzo, y por diversas circunstancias de organización del centro (viaje de estudios de los alumnos, semana cultural, visitas culturales, entre otros), se alargó hasta el último día de permanencia en el centro el 30 de abril, sin haber podido realizar la prueba escrita. Por tanto lo que estaba previsto realizar en 8 o 10 sesiones se convirtió en 11 sesiones incompletas que se prolongaron durante casi mes y medio; esto supuso un gran esfuerzo de adaptación y condicionó en gran medida el ritmo de la clase.

En principio, tal y como queda reflejado en la propuesta la intención iba más allá de que construyeran la doble hélice del ADN, pretendía utilizar la maqueta para que construyeran ARN, realizaran el proceso de replicación y el de transcripción. Finalmente, debido a las circunstancias, se adaptó la propuesta al grupo y al desarrollo de la misma, y solo construyeron la doble hélice de ADN.

No obstante, tras la implementación de la propuesta en el aula y el análisis de los resultados de las evaluaciones, se proponen las siguientes mejoras para futuras implementaciones:

- La gestión del tiempo, la secuenciación de las actividades expositivas y el trabajo en grupo, es necesario adaptarla a la duración de las clases, si bien es cierto que hay factores externos al aula que no se pueden prever.
- Respecto al trabajo cooperativo, imaginaba que no era una tarea sencilla, principalmente por dos motivos: en primer lugar mi inexperiencia en la gestión del aula en este tipo de actividades, y en segundo lugar la falta de hábito de realización de las mismas por el grupo. Los alumnos no estaban acostumbrados a trabajar de forma colaborativa en la clase de biología, y yo no tengo experiencia en la gestión de grupos de trabajo cooperativo. Para intentar mejorar este punto, creo que sería necesario hacer hincapié en el reparto de responsabilidades dentro del grupo, que fuera pactado por los mismos alumnos, y lo reflejaran por escrito. De esta forma podrían solucionarse algunos de los conflictos surgidos en los grupos que se han mencionado en el apartado anterior y en los comentarios de las autoevaluaciones y coevaluaciones.
- Relativo a los criterios de evaluación, sería adecuado que los alumnos los conocieran con anterioridad (en la actividad de búsqueda de información los indiqué verbalmente). Además, en base a esos criterios podrían realizar la evaluación de la maqueta o el mural de otro grupo que no fuera el suyo.
- Continuando con la evaluación, una posible mejora sería la evaluación del cuestionario inicial por parte de los propios alumnos, y la coevaluación posterior por sus compañeros. Algo que tenía previsto, pero no dio tiempo a realizarlo.
- Como actividad, propondría que los alumnos expusieran una parte del trabajo en grupo al resto de la clase (cada grupo una), y las dificultades que les hubieran surgido en la realización de la misma, ya que esto les obligaría a comprenderlo mejor para poder explicárselo al resto de compañeros.
- En relación a las actividades, se podría haber dedicado más tiempo a la parte de aplicaciones de la genética molecular, y relacionarla con la parte de ciencia tecnología y sociedad, con un tema que como pude comprobar cuando realizaron la actividad del texto les interesa mucho, como son los transgénicos. Para ello utilizaría la propuesta de aula que han desarrollado en el blog otrabiología.wordpress.com, referente a “la polémica de los transgénicos” (segunda propuesta).

5.BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A., Balibrea, S., Reyes, M. y Sáez, A. (2008). 4ª de Educación secundaria. Biología y Geología. Madrid: Grupo Anaya S.A.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational Psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ayuso, G.E. y Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (1), 133-157.
- Boulter, C.J., Gilbert, J.K. y Elmer, R. (2000). *Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education*, en Gilbert, J.K. y Boulter, C.J. (eds.). *Developing Models in Science Education*, (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer
- Brandi, A. (2011). *Biología y Geología 4 ESO, Proyecto La casa del Saber*. Madrid: Santillana Educación, S.L.
- Brandi, A., (fecha). *Ciencias de la naturaleza. Biología y Geología 4º ESO. Biblioteca del profesorado. Guía y Recursos*. Madrid: Santillana Educación S.L.
- Bourner, H., Hughes, M. & Bourner, T.(2001). First-year Undergraduate Experiences of Group Project Work. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, Vol 26, Nº. 1, 20-39.
- Cabero, J. (1998). Uso didáctico de las presentaciones colectivas por medios informáticos. *Revista Comunicar*, 11, 149-157.
- Cabrera, A. y Sanz, M. (2008). *Biología y Geología 4ª Secundaria. Proyecto Ánfora*. Oxford Education. Navarra: Graficas Estella.
- Cañas, A.J. y Novak, J.D. (2006). *Teoría subyacente a los mapas conceptuales y a cómo construirlos*. Reporte técnico (IHMC). Florida institute for Human and Machine Cognition (IHMC). Recuperado el 19 de marzo de www.ihmc.us.
- Departamento de Educación, Cultura y Deporte (DECD) (2007). *Orden por la que se aprueba el currículo de la Educación secundaria obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad autónoma de Aragón*. B.O.A. Nº 65.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A.(1999). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid:Ediciones Morta S.L.
- Gericke, N. (2009). Science versus school-science. Multiple models in genetics. The depiction of gene function in upper secondary textbooks and its influence on students' understanding. *Studies in Science and Technology Education*, 27, p38-40.
- González, B. M. (2004). *Las Analogías en el Proceso Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza*. Servicio de publicaciones de la Universidad de La Laguna, La Laguna. Recuperado el 7 de mayo de <http://dialnet.unirioja.es>.
- Grosslight, L., Unger, C., y Jay, E: (1991). Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-67.
- Instituto Nacional de Tecnologías educativas y de Formación del Profesorado. (2005). Unidad 3: Intervención educativa en el aula inclusiva. Recuperado de www.ite.educacion.es/formacion/materiales/72/cd/curso/pdf/3.pdf

- Jorba, J. y Casellas, E. (Eds.). (1996). *La regulació i l'autoregulació dels aprenentatges. Volum 1: estratègies i tècniques per a la gestió social a l'aula*. Barcelona: UAB.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173–184.
- Marqués, P. (1998). Orientaciones para el uso de materiales multimedia en el aula de informática. Departamento de Pedagogía Aplicada. Facultad de Educación. UAB. Barcelona.
- Martínez, M.V., Gil, M.J. y Osada, J. (2005). *¿Cómo se enseña la genética en los libros de texto? En Aspectos didácticos de ciencias naturales (Biología.)*, (pp. 49-72). Zaragoza: Universidad de Zaragoza, Instituto de Ciencias de la Educación.
- Morales, P. (2011). *Trabajos escritos, corrección y evaluación*. En *Escribir para aprender, tareas para hacer en casa*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Recuperado el 20 de abril 2014 de <http://www.upcomillas.es> el
- Morales, P. (2013). Cuestionarios y Escalas. Universidad Pontificia Comillas. Madrid: Facultad de Ciencias Humanas y sociales (última revisión 12 de abril de 2013). Recuperado el 20 de abril de 2014 de <http://www.upcomillas.es>.
- Morgan, M. S. y Morrison, M. (1999). *Models as mediating instruments*, en Morgan, M.S., Morrison, M. (eds.), *Models as mediators* (pp. 10-37). Cambridge: Cambridge University Press.
- English Department I.E.S.Llanes. Peer Evaluation. Departamento Bilingüe. Blog del IES Llanes. Recuperado el 20 de abril de 2014, de www.iesllanes.net/
- Pedrinaci, E. (1996). Sobre la persistencia o no de las ideas del alumnado en Geología. *Alambique, didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, 26-36.
- Pozo, J.I., Sanz, A., Gómez M.A. y Limón, M. (1991). “Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación de la psicología cognitiva”. *Enseñanza de las ciencias*, 9(1), 83-94.
- Pujolas, P. (2001). *Atención a la diversidad y aprendizaje cooperativo en la educación obligatoria*. Málaga: Aljibe.
- Pujolas, P. (2008). 9 ideas clave. Aprendizaje cooperativo. Barcelona: Graó.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En Perales, J. y Cañal, P. (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales. Colección ciencias de la educación*, (pp. 239-265). Madrid: Alcoy.
- Slavin, R., Sharan, S., Kagan, S., Lazarowitz, R., Webb, C. y Schmuck, R. 1985. (1985). *Learning to cooperate, cooperating to learn*. Plenum Press. New York.
- Suarez Sánchez M.S., y Patiño Marquina, F. (1998). Ideas previas del alumnado de enseñanza secundaria sobre nutrición. Recuperado el 10 de mayo de <http://cprcalat.educa.aragon.es/NUTRICIO.htm>.

6. ANEXOS

ANEXO I: Búsqueda de información sobre científicos que han revolucionado la genética molecular.

ANEXO II: Rúbrica para evaluar la tarea de búsqueda de información sobre científicos que han revolucionado la genética molecular.

ANEXO III: Guión de trabajo Genética molecular.

ANEXO IV: Power Point Genética molecular.

ANEXO V: Rúbrica evaluación trabajo construcción maqueta.

ANEXO VI: Coevaluación y autoevaluación trabajo en grupo y construcción de modelos y resultados.

ANEXO VII: Cuestionario de evaluación del trabajo en grupo con modelos.

ANEXO VIII: Prueba escrita.

ANEXO IX: Documentos gráficos.

ANEXO I: Búsqueda de información sobre científicos que han revolucionado la genética molecular

TAREA: BUSQUEDA DE INFORMACIÓN CIENTÍFICOS GENÉTICA MOLECULAR

TAREA : BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN SOBRE CIENTÍFICOS QUE HAN REVOLUCIONADO LA GENÉTICA

Busca información sobre:

- Rosalind Franklin
- Watson y Crick
- Severo Ochoa
- Lopez Otín

Elige uno de ellos y responde a las siguientes cuestiones:

¿Qué formación tenían? ¿Dónde investigaron? (institución...)

¿En qué consistió su investigación en el campo de la genética?

¿Qué experimentos realizaron? Explícalo con tus palabras

¿Qué logros obtuvieron? ¿Qué repercusión tienen sus investigaciones en la actualidad?

¿Fueron reconocidos por ello?

Incluye las fuentes de información que has utilizado para contestar a las preguntas. ¿Consideras que son fiables? ¿Por qué?

ANEXO II: Rúbrica para evaluar la tarea de búsqueda de información sobre científicos que han revolucionado la genética molecular

RÚBRICA PARA EVALUAR TAREA: BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN CIENTÍFICOS GENÉTICA MOLECULAR

CALIDAD DE LA INFORMACIÓN 75% Se contesta a todas las preguntas formuladas en el guión: Cada pregunta se evaluará con 1.5 puntos máximo*(número de preguntas contestadas)	La información contesta ampliamente a la pregunta formulada y amplía la información requerida (1.5*n)7.5	La información da respuesta a las ideas principales sobre la pregunta formulada . (1*n)5.0	La información no da respuesta a varias de las ideas principales. 2.5 (0.5*n)
PRESENTACIÓN 5%	Claridad y estructura en la presentación 0.5	Claridad y estructura media en la presentación. 0.25	Poca estructura y claridad en la presentación.0.15
CORRECCIÓN ORTOGRÁFICA Y GRAMATICAL 5%	Corrección ortográfica y gramatical 0.5	No se cumple la corrección gramatical u ortográfica en algún caso 0.25	No se cumple la corrección gramatical ni ortográfica repetidamente 0
FUENTES DE INFORMACIÓN Número de fuentes de información 7.5%	La información se obtiene de varias fuentes 7.5%	La información se obtiene de una única fuente 5%	No se nombran las fuentes de información 0
JUSTIFICACIÓN DE SU FIABILIDAD Justificación de las mismas 7.5%	Se justifica su fiabilidad correctamente (internet, revistas, enciclopedias, periódicos, apuntes de clase o del libro de texto) 7.5%	Las fuentes están justificadas aunque no sean muy fiables 5%	Las fuentes no están correctamente justificadas 2.5%

ANEXO III: Guión de trabajo Genética molecular.

GUIÓN MAQUETA GENÉTICA

GUIÓN DE TRABAJO

Nombre del grupo/Componentes/Responsable:

¿De qué organismo es el ADN y ARN que vais a construir?:

CLAVES DE TRABAJO

Material de trabajo:

Bolas de poliespán grandes:	Tijeras
Bolas de poliespán pequeñas (tenéis que pintarlas en casa de rojo)	Rotuladores
Palos de madera de colores	Palillos largos y pequeños
Alambre	Limpiapipetas de colores
Pegamento	Palos de helado naturales
	Adhesivos de color

TABLA DE REPRESENTACIÓN DEL MODELO

En esta tabla se indica qué representa cada uno de los elementos utilizados en la maqueta.

Material del modelo	¿Que representa?	
Bolas poliespán grandes	Azúcar(pentosa) que puede ser :	Ribosa (R) Desoxirribosa (D)
Bolas poliespán pequeñas	Grupo fosfato	Pintarlo de rojo
Palos de helado de colores	Bases nitrogenadas:	Color:
	Adenina	
	Timina	
	Guanina	
	Citosina	
	Uracilo	

La clave está en explicar los procesos utilizando el lenguaje que representan.

Ej: Qué partes forman un nucleótido de ADN:

Correcto: azúcar (desoxirribosa), grupo fosfato, y base nitrogenada (en este caso timina).

Incorrecto: bola blanca grande, bola roja pequeña y palito naranja.

GUIÓN MAQUETA GENÉTICA

TAREA 1: CONSTRUIR UN MODELO DE NUCLEÓTIDO

Cada grupo tiene que construir: **4 nucleótidos de ARN** y **4 nucleótidos de ADN**

- Dibuja 1 nucleótido de ADN y otro de ARN y señala sus componentes e indica las semejanzas y diferencias entre ellos.

PROCEDIMIENTO PARA CONSTRUIR UN NUCLEÓTIDO:

- Material. Para cada nucleótido necesitarás:
 - Un grupo fosfato
 - Una pentosa que será ribosa o desoxirribosa en función del tipo de nucleótido que estés construyendo.
 - Una base nitrogenada a tu elección en función del nucleótido que construyas: A, T, G, C, U.
 - Palillo para unir la ribosa con el fosfato y tijeras para cortar las bases nitrogenadas.
- Pasos:
 1. Corta las bases nitrogenadas por la mitad, de forma que coincidan según la complementariedad de las bases nitrogenadas.
 - Es decir, realiza el mismo tipo de corte para A, T, U. Dibújalo:
 - Realiza otro corte distinto para C, G. Dibújalo:
 2. Une la bola pentosa al fosfato con un palillo
 3. Introduce la base nitrogenada en el azúcar por el otro lado.

CUESTIONES SOBRE NUCLEÓTIDOS

Responde a las siguientes cuestiones (aplica la teoría explicada en clase fijándote en el modelo que has construido):

- ¿Qué es un nucleótido?
- ¿Qué tipos de nucleótidos existen?
- ¿Qué moléculas componen un nucleótido?
- ¿Hay diferencias hay entre un nucleótido de ADN y un nucleótido de ARN? ¿Cuáles son?

- ❖ Completa la secuencia en tu cuaderno:

Los nucleótidos son..... que se unen formando los.....

Están compuestos por un grupo....., una molécula de, y una
que puede ser detipos distintos:,, y

100

TAREA 2: CONSTRUIR UN MODELO DE ADN

Cada grupo tiene que construir una molécula de ácido desoxirribonucleico
ADN:

- Construye una hebra (con 9 nucleótidos), podéis utilizar los nucleótidos de la primera tarea.
 - Construye la hebra complementaria según las bases nitrogenadas de la hebra que has construido en primer lugar.
 - Une las dos cadenas por las bases complementarias, y gírala para formar la estructura de doble hélice de la molécula de ADN.
- Dibuja un esquema de la cadena de ADN que has construido y señala las partes.

PROCEDIMIENTO

Pasos a seguir: Construir una molécula de ácido desoxirribonucleico ADN:

- Agujerea 9 pentosas y 9 fosfatos con el punzón de madera. Realiza un agujero de un extremo a otro lo más recto posible siguiendo la línea de la bola.
- Prepara 9 bases nitrogenadas cortadas por la mitad y elige los colores en función de las bases que quieras que tenga tu cadena de ADN.
- Inserta el fosfato y la pentosa en el alambre para formar la cadena de ADN.
- Añade las bases nitrogenadas a cada nucleótido clavándolas.

Escribe la secuencia de las bases nitrogenadas de la cadena de ADN que has construido:

- Una vez que tengas la hebra con 9 nucleótidos, en función de sus bases nitrogenadas, construye la complementaria. Escribe la secuencia de las bases nitrogenadas de la cadena complementaria:

-Una vez que esté hecho, pon las dos bases paralelas, dale la vuelta a la complementaria (porque la estructura es antiparalela) y únelas. Para ello separa las bases de las pentosas, pégalas juntas a un palo blanco, e insértalas en ambos nucleótidos para unir las dos cadenas.

-Cuando la estructura sea estable, gírala formando una hélice y obtendrás una doble hélice de ADN.

GUIÓN MAQUETA GENÉTICA

CUESTIONES SOBRE ÁCIDOS NUCLEICOS

Responde a las siguientes cuestiones (aplica la teoría explicada en clase fijándote en el modelo que has construido):

- ¿Qué significa que las dos cadenas de ADN son antiparalelas y complementarias?
- ¿Qué tipo de enlace une las bases nitrogenadas de las cadenas complementarias del ADN?
- ¿Cuál es la función principal del ARN?
- ¿En qué se diferencian las moléculas de ADN de dos personas distintas?

Realiza las siguientes actividades en tu cuaderno:

- Realiza en tu cuaderno una tabla con las diferencias entre ADN y ARN. Indicando la estructura, composición química, función y localización.
- Libro de texto página 148, ej. 1, y página 166 ej. 1 y 3.
- Ejercicios de ampliación internet: nº 2, 3 y 5.

TAREA 3: REPLICACIÓN DEL ADN

Realiza la **replicación** de una de las hebras de la molécula **de ADN** que has construido en el ejercicio anterior (con 4 nucleótidos).

- Dibuja un esquema de la molécula que has construido y explica las etapas que has seguido para realizar la replicación del ADN.

¿Qué características tiene la molécula de ADN resultante (molécula hija)?

Escribe la secuencia de las bases nitrogenadas de la molécula resultante:

___ ___ ___ ___ hebra de ADN molde

___ ___ ___ ___ hebra de ADN nueva

CUESTIONES SOBRE REPLICACIÓN

- ¿Dónde y en qué momento del ciclo celular se produce la replicación?
- ¿Cuál es el objetivo de la replicación del ADN?
- Explica qué significa que la replicación del ADN sea semiconservativa y complementaria.

Realiza las siguientes actividades en tu cuaderno:

- Ejercicios 2 y 3 del libro de texto página 149.
- Ejercicios de ampliación internet: nº 4, 6, 7, 9 y 10.

GUIÓN MAQUETA GENÉTICA

TAREA 4: TRANSCRIPCIÓN

4.1 Dibuja un esquema de la transcripción de una de las cadenas de la doble hélice de ADN que has construido y explica el proceso.

CUESTIONES SOBRE TRANSCRIPCIÓN

- ¿Qué molécula se sintetiza en el proceso de transcripción?
- ¿En qué lugar de la célula se sintetiza?
- Escribe la secuencia de las bases nitrogenadas de la molécula resultante de la transcripción de la molécula de ADN que has construido:

— — — — — — — — — —

Realiza las siguientes actividades en tu cuaderno

- A partir de esta secuencia de ADN, ¿cuál sería la secuencia de ARNm tras la transcripción?
T A C G A A C G A A C T
— — — — — — — — — —
- Realiza los ejercicios 5, 6 y 7 de la página 151 del libro de texto, y de la página 166 el 2, 5, y 7.
- Ejercicios de ampliación internet: nº 13 y 14

TAREA 5: TRADUCCIÓN

5.1. Dibuja y explica el proceso de traducción a partir del ARNm que has obtenido en la tarea anterior.

Con la ayuda de la tabla del código genético de la página 153 del libro de texto, ¿qué aminoácidos tiene la proteína resultante de la traducción que has dibujado?

Realiza las siguientes actividades en tu cuaderno

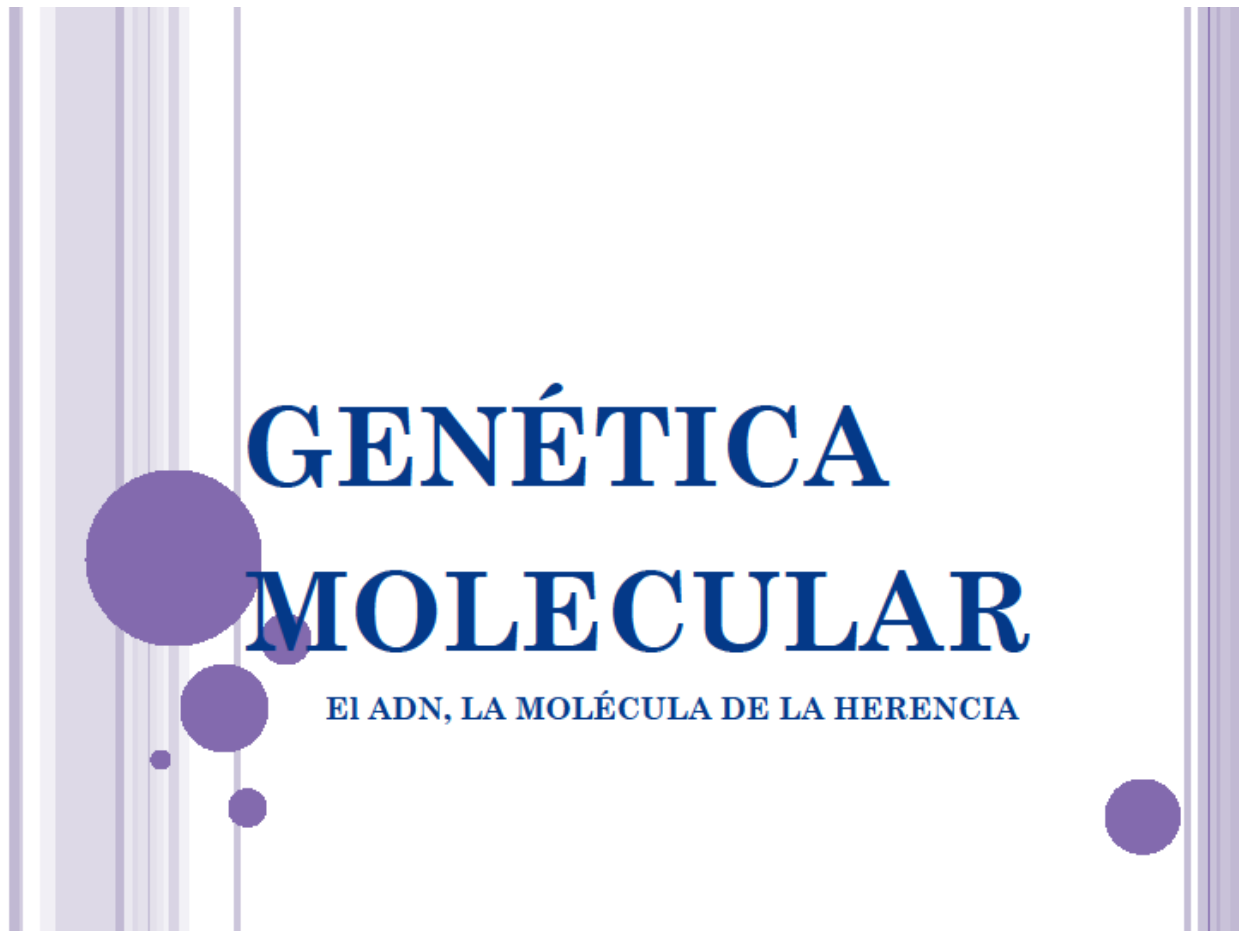
- Ejercicios página 152-153: 8, 10 y 11, y página 166 ejercicios 8, 9 y 10 del libro de texto.
- Ejercicios ampliación internet: nº 8, 15, 16 y 17.

CÓDIGO GENÉTICO

¿Qué características tiene el código genético?, explícalas.

Realiza los siguientes ejercicios de la página web en tu cuaderno: nº 1, 19, 20, 21, 23 y 24.

ANEXO IV: Power Point Genética molecular.



ANEXO V: Rúbrica evaluación trabajo construcción maqueta.

RUBRICA EVALUACIÓN TRABAJO CONSTRUCCIÓN MAQUETA GENETICA MOLECULAR

Valoración trabajo 15% nota final tema

Composición trabajo:

1. Construcción maqueta (5%)
2. Contestar cuestiones (5%)
3. Elaboración mural (5%)

La no entrega de alguna de las partes se contabilizará como 0.

La entrega con retraso se restará 0.1 si es poco tiempo(al día siguiente), 0.2 si el retraso es mayor.

ELEMENTO A VALORAR	ITEM	VALORACIÓN ITEM		
Construcción maqueta	Corrección en la tarea 4	Tarea correcta 4	Hay algunos fallos 3	Hay bastantes fallos 2
	Limpieza y estética 1	Estética muy buena 1	Estética buena 0.75	Estética regular 0.5
Resolución cuestiones	Realización de las cuestiones 2	Ha realizado todas las cuestiones propuestas 2	Ha realizado la mayoría de las cuestiones propuestas 1	Faltan muchas de las cuestiones propuestas 0.5
	Corrección en las cuestiones 2	Todas las cuestiones son correctas 2	La mayoría de las cuestiones son correctas 1.5	La mayoría de las cuestiones son incorrectas 1
	Ortografía y gramática 1	Ortografía y gramática correctas 1	Ortografía y/o gramática incorrectas en alguna ocasión 0.75	Ortografía y/o gramática incorrectas en varias ocasiones 0.25
Elaboración mural	Realización de las tareas propuestas 2	Ha realizado todas las tareas 2	Ha realizado la mayoría de las tareas propuestas 1	Faltan muchas de las tareas propuestas 0.5
	Corrección en las tareas propuestas 1.5	Todas las cuestiones son correctas 1.5	La mayoría de las cuestiones son correctas 1	La mayoría de las cuestiones son incorrectas 0.5
	Estética de las tareas propuestas 1.5	Estética muy buena 1.5	Estética buena 1	Estética regular 0.5
total	15	15	10	5.75

ANEXO VI: Coevaluación y autoevaluación trabajo en grupo y construcción de modelos y resultados.

COEVALUACIÓN TRABAJO EN GRUPO MAQUETA ADN

COEVALUACIÓN Y AUTOEVALUACIÓN DEL TRABAJO EN GRUPO

EQUIPO: _____ Nivel: _____

Nombre y Apellidos: _____

Has estado realizando un trabajo en grupo con tus compañeros.

Escribe los nombres de los componentes de tu grupo en el cuadro y evalúa de 1 a 5 (1: nada, 2: poco, 3: algo, 4: bastante, 5: mucho) cada una de las afirmaciones de la tabla inferior y rellena la puntuación total de acuerdo con lo que has evaluado.

Componentes del grupo	Nombre y apellidos	Total
Componente 1 (C.1)		
Componente 2 (C.2)		
Componente 3 (C.3)		

Evalúa a tus compañeros y a ti mismo según los siguientes criterios:

	C. 1	C. 2	C.3	Autoevaluación
Ha participado en todas las sesiones de trabajo				
Ha participado activamente en la elaboración del la maqueta en el tiempo propuesto				
Ha mostrado interés y disponibilidad para el trabajo en grupo				
Ha traído a tiempo los materiales necesarios para el trabajo				
Ha realizado las tareas propuestas de forma limpia y ordenada ajustándose a lo que se pedía en el guión.				
TOTAL				

COEVALUACIÓN TRABAJO EN GRUPO MAQUETA ADN

Las respuestas de los alumnos quedan reflejadas en la siguiente tabla por grupos. En cada tabla, en la parte superior, queda reflejada la evaluación total, que ha realizado cada alumno a su compañero de grupo que aparece a la izquierda de la tabla. Por tanto, en horizontal, se suma la puntuación que cada alumno ha recibido de sus compañeros, y su autoevaluación. Se pueden comparar ambas puntuaciones, aunque la escala es distinta.

GRUPO 1	O1	O11	O12	O5	TOTAL/100	AUTOEVAL
O1	20	25	25	24	94/100	20
O11	22	19	25	24	90/100	19
O12	21	24	25	24	94/100	25
O5	23	24	25	22	94/100	22

GRUPO 2	O2	O4	A13	A10	TOTAL/100	AUTOEVAL
O2	21	22	0	5	48/100	21
O4	22	18	0	5	45/100	18
A13	23	25	25	25	98/100	25
A10	20	25	25	20	90/100	20

GRUPO 3	O3	A6	A16	O7	TOTAL/100	AUTOEVAL
O3	20	18	15	14	67/100	20
A6	25	22	24	20	91/100	22
A16	21	14	15	14	64/100	15
O7	20	16	15	18	69/100	18

GRUPO 4	A9	O8	A14	O15	TOTAL/100	AUTOEVAL
A9	20	20	25	19	84/100	20
O8	5	5	15	9	34/100	5
A14	22	10	15	21	68/100	15
O15	18	14	15	16	63/100	16

Los alumnos que han obtenido una valoración mayor al 50%, conservarán la nota global del grupo, los alumnos que no hayan obtenido dicha valoración por parte de sus compañeros de grupo, verán disminuida su nota en el trabajo grupal.

Las incidencias detectadas en dos de los grupos, quedan claramente reflejadas en dicha valoración.

Grupo dos, dos alumnas han valorado con un 0 y un 5 a sus compañeros.

Grupo cuatro, un alumno ha obtenido una valoración de 34 puntos en total, siendo él mismo el que menos ha valorado su trabajo, con un 5.

ANEXO VII: Cuestionario de evaluación del trabajo en grupo con modelos.

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN TRABAJO EN GRUPO CON MODELOS

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN TRABAJO EN GRUPO CONSTRUCCIÓN MAQUETA

Curso:

Nombre:

Edad:

El objetivo de estas preguntas es valorar tu grado de satisfacción y las posibles dificultades con las te has podido encontrar con esta forma de trabajar en clase. Tu opinión es muy importante.

Responde a las cuestiones marcando una cruz en la casilla correspondiente según tu opinión respecto al trabajo que has hecho en grupo construyendo una maqueta en este tema de genética molecular. La escala es de 1(nada) a 5 (mucho).

	Nada 1	Poco 2	Algo 3	Bastante 4	Mucho 5
¿Te ha resultado difícil realizar la construcción de la maqueta?					
¿Te ha resultado útil la maqueta para comprender los contenidos del tema?					
¿Te ha resultado útil el guión escrito para realizar el trabajo?					
¿Te ha ayudado trabajar en equipo a comprender mejor el contenido?					
¿Te sientes satisfecho con el trabajo realizado?					
¿Te ha gustado más esta forma de trabajo que las clases convencionales?					

- ¿Qué es lo que más te ha gustado y lo que menos de la construcción de la maqueta?
- ¿Crees que has aprendido algo que no hubieras aprendido si no hubieras hecho la maqueta? ¿El qué?

En caso de que la respuesta anterior sea afirmativa, explica con tus palabras ¿a qué crees que es debido?

- ¿Elegirías este método de trabajo para otros temas? ¿Por qué?
- ¿Qué crees que se podría mejorar para otros años?

ANEXO VIII: Prueba escrita.

EXAMEN GENÉTICA MOLECULAR, 4º ESO

1. Dibuja y explica la estructura del ADN. Explica sus componentes.
2. Realiza una tabla comparativa entre las semejanzas y diferencias del ADN y del ARN. No olvides incluir en ella la composición química, estructura, función y localización.
3. Explica el proceso de replicación del ADN paso a paso y dibújalo:
 - ¿Qué fases tiene la replicación?
 - ¿En qué lugar de la célula se produce la replicación?
 - ¿En qué momento del ciclo celular se produce?
 - ¿Cuál es la función de la replicación?

4. ¿Qué tres tipos de ARN hay?

¿Cuál es la función de cada uno de ellos?

5. Completa el siguiente esquema:

A T _ G _ _

ADN:

_ _ G _ _ T

ARNm: _ U C _ A _

¿Cuántos codones hay?

¿Qué hebra de la doble hélice del ADN se utiliza como molde para la síntesis de ARNm?

6. Completa el texto sobre la traducción con los siguientes términos:

aminoácido anticodón ARN ARNm ARNt bases codón polipeptídica transferencia

El _____ de transferencia, que lleva unido el _____, se dirige hacia el complejo formado por el ARNm y el ribosoma. El _____ del ARNt se empareja con el _____ presente en el _____. La secuencia de _____ del codón codifica para el aminoácido concreto que transporta el ARNt. Un segundo _____ se une a este complejo. El primer ARNt transfiere su aminoácido al segundo ARNt antes de separarse del ribosoma. El segundo ARNt lleva ahora 2 aminoácidos unidos que constituyen el inicio de la cadena _____. Después el ribosoma mueve la cadena de ARNm de manera que el siguiente codón de ARNm está disponible para unirse a un nuevo ARN de _____. El ribosoma continúa desplazando la cadena de ARNm hasta que se termina de formar la proteína.

7. Relaciona con flechas:

Es la copia de la información del ADN al ARN. Esta información será traducida para formar proteínas.

Proteínas

Es la duplicación el ADN, ocurre antes de que la célula vaya a dividirse.

Traducción

Son largas cadenas de aminoácidos. Hay 20 aminoácidos diferentes que se colocan siguiendo las instrucciones del material genético.

ARN

Es el ácido ribonucleico. Es una molécula parecida al ADN que se forma gracias a la transcripción.

Transcripción

Es la fabricación de proteínas con la información del ARN y, por tanto del ADN.

Replicación

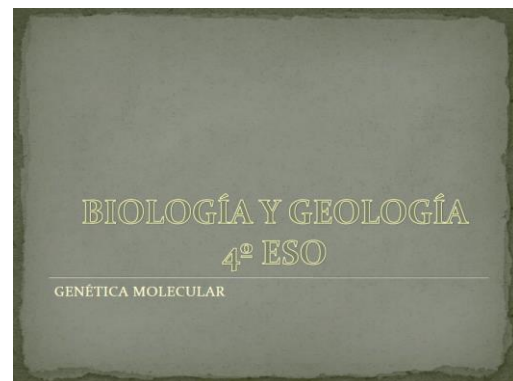
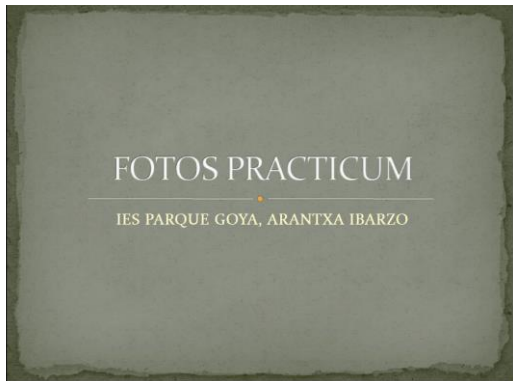
8. Define código genético y explica sus características.

9. A partir de la siguiente secuencia de una de las hebras de una molécula de ADN:

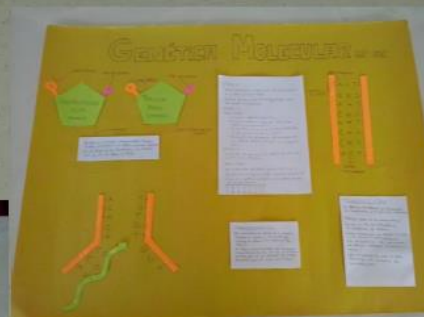
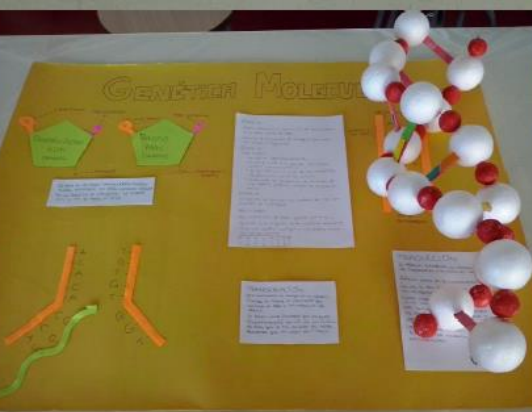
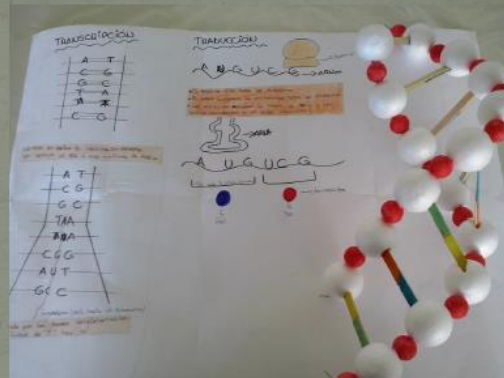
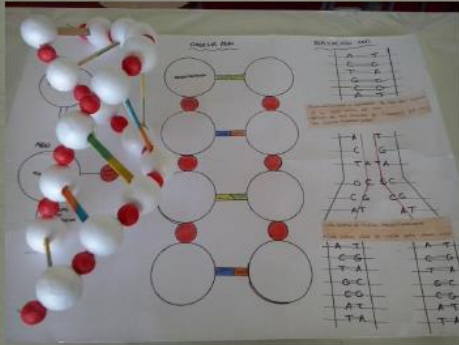
Consultando la tabla del código genético, señala la secuencia de aminoácidos que tendría la proteína que se originaría tras los procesos correspondientes.

Indica el nombre de los procesos.

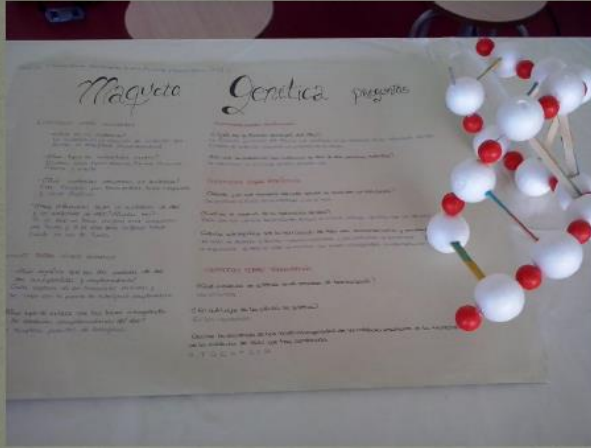
ANEXO IX: Documentos gráficos



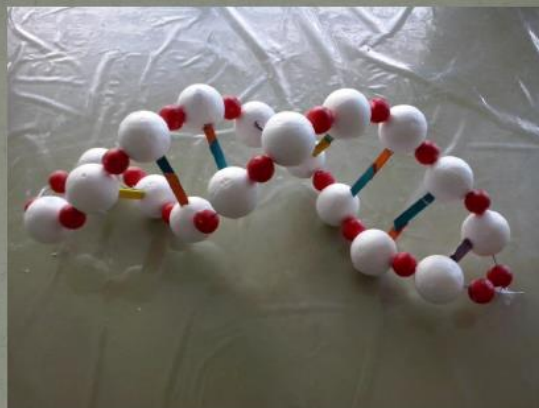
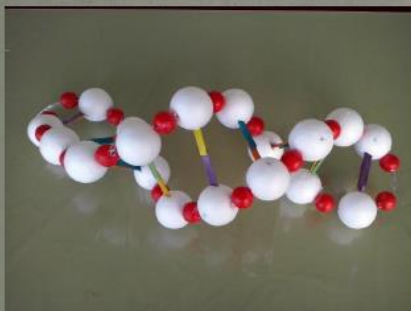
GRUPO 1



GRUPO 3



GRUPO 4



DOBLE HELICE

